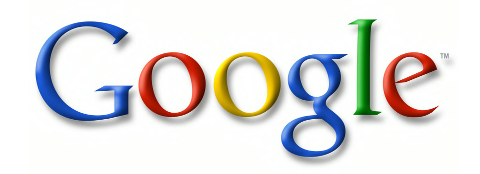
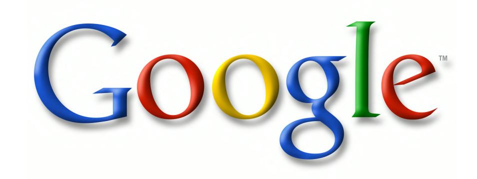





ORNIA
CENTER
LIFORNIENSIS

JOURNAL

DE

L'ANATOMIE

ET DE

LA PHYSIOLOGIE

NORMALES ET PATHOLOGIQUES

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

FONDÉ PAR CHARLES ROBIN

DIRIGÉ PAR

GEORGES POUCHET

Professeur au Muséum d'histoire naturelle

VINGT-TROISIÈME ANNÉE

1887

PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1887

SAINT-DENIS. — IMPRIMERIE LÉON NOTTE, 20 bis, RUE DE PARIS.

JOURNAL
DE
L'ANATOMIE
ET DE
LA PHYSIOLOGIE
NORMALES ET PATHOLOGIQUES
DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

NOTE
SUR UNE

NOUVELLE FORME PARASITE DES FIROLES

TRICHŒLINA PARADOXA (BARROIS)

Par le Dr J. BARROIS
Directeur du Laboratoire de Villefranche.

(PLANCHES I ET II.)

§ 1. — Disposition sur la Firole.

Les singuliers parasites dont je vais présenter la description ont été rencontrés une seule fois dans le golfe de Villefranche, sur la Pterotrachea Coronata, une année où cette espèce était des plus abondantes. En examinant un baquet rapporté de la pêche et contenant environ une soixantaine de Firoles, j'en découvris une qui présentait, irrégulièrement disséminés à sa surface, des corps d'une couleur rouge et de forme triangulaire, et qui paraissaient fixés au corps de l'animal (fig. 1).

Quelques instants d'examen suffirent pour reconnaître que j'avais à faire ici à des parasites, mais à des parasites d'une forme des plus étranges, et sans analogie avec aucune forme connue.

Chacun de ces parasites présentait la forme d'un tricorne (fig. 2) composé d'un disque central et de trois bras recourbés. Chacun de ces derniers, terminés par une griffe chitineuse, étaient enfoncés dans l'intérieur du tégument de la Firole. La couleur générale de cet organisme était d'un rouge assez vif.

§ 2. — Description générale du parasite.

Tâchons d'abord de nous rendre compte de la disposition générale des organes sur des échantillons étudiés par transparence,

après avoir été détachés du corps, colorés et prép
étudie de cette façon ce singulier parasite, on cons
principaux organes internes se réduisent principale
sacs volumineux dont chacun occupe l'un des trois
corne (fig. 3). D'un côté, ces sacs aboutissent à l'e
bras dans la griffe chitineuse qui les termine ; de l'a
se rejoignent tous trois vers le centre du tricorne,
mettre en contact intime ni se fusionner les uns au
restent tous trois distincts, et comprennent entre eu
vide de forme triangulaire (fig. 3), et sur lequel no
revenir d'une manière détaillée.

Enfin ces trois sacs, que nous pouvons appeler le
dermiques, sont reliés à la base par trois larges band
musculaires. Chacun des sacs présente à sa base, et
médiane, une arête dont divergent deux faisceaux de
culaires dont chacun va se rejoindre aux faisceaux
dants des deux autres bras. En se joignant, l'ensem
trois faisceaux de fibres musculaires figure un triang
sommets correspondent au milieu de chacun des sac
miques, et alternent par conséquent avec les trois ang
pace vide situé au-dessous (fig. 3).

Nous allons successivement avoir, dans ce qui suit
la structure intime de chacune de ces parties telle q
trent les coupes. Nous passerons successivement en

1° Le tégument;
2° Les sacs endodermiques;
3° Les bandes musculaires;
4° La griffe terminale;
5° L'espace central;
6° Les plaques papillaires et le système nerveux.

§ 3. — Du tégument.

L'enveloppe tégumentaire se compose essentiellem
lules rondes (mésenchymateuses) placées entre deux c
ticulaires. La première de ces cuticules est doublée i
ment par la couche épithéliale qui lui a donné naiss
est plissée et assez épaisse ; la cuticule interne est liss
coup plus mince ; les cellules de mésenchyme placée
deux sont très petites et dépourvues de prolongemen

En résumé, la peau se compose de quatre couches : 1° cuticule externe ; 2° épithélium ; 3° couche de cellules de mésenchyme arrondies ; 4° cuticule interne.

Cette enveloppe cutanée présente, au niveau de toute la face dorsale du disque, une épaisseur assez uniforme (fig. 8). Cette épaisseur augmente sur la face dorsale des bras et diminue au contraire sur leur face ventrale (fig. 10, 11, 12). Au centre de cette dernière face se trouve un appareil papillaire particulier, sur la configuration duquel nous reviendrons avec détail.

Le tégument présente toujours, au sommet de la face dorsale (fig. 5), un point où il paraît irrégulièrement froncé autour d'un point central entouré de quelques gros plis ; néanmoins, je n'ai jamais pu discerner en ce point aucune ouverture. Je n'ai pas été plus heureux dans mes tentatives pour découvrir une ouverture au centre de la face ventrale, entre les trois bras. Il semble que la peau ne présente nulle part de trace d'ouverture et que l'intérieur de l'animal ne communique avec le dehors que par l'extrémité des trois griffes qui occupent le bout des bras.

§ 4. — Des sacs endodermiques.

1. *Forme générale.* — Les trois sacs endodermiques sont simples sur toute la première partie de leur parcours, celle qui répond au disque ; mais en pénétrant dans les bras, chacun d'eux se bifurque et se divise en deux lobes (fig. 2) dont chacun se continue jusqu'à la griffe terminale (fig. 6) ; chaque sac possède donc une portion initiale simple et une portion terminale divisée en deux parties.

2. *Couche épithéliale.* — Chacun des trois sacs endodermiques se compose de trois couches, une épaisse couche interne de nature épithéliale, et une couche externe de nature musculaire.

La couche interne épithéliale est extrêmement épaisse, et se compose de très longues cellules disposées dans le sens de la longueur du bras, et qui, à leur extrémité interne, tournée du côté de la cavité, se rejoignent en une espèce de plasmodie. Le milieu de la cavité est occupé par des produits de sécrétion qui descendent (fig. 4 et 5) jusqu'à la griffe située à l'extrémité des bras.

Le noyau de ces grandes cellules endodermiques se trouve placé à leur base (fig. 4).

3. *Couche musculaire.* — La couche musculaire très variable, suivant les différentes régions. On p rer comme composée (fig. 4) d'une couche longitu sur tout le pourtour, mais principalement du côté centre, et d'une couche de fibres circulaires dévelop du côté qui regarde le dehors.

Si on fait des coupes, en allant de haut en bas, commençant par le sommet de la face dorsale du finir par l'extrémité des bras, on voit la couche m enveloppe les sacs offrir les changements d'aspect qu signaler.

Sur la première coupe (fig. 7) les deux couches développées, mais sont strictement localisées, la en dedans, la circulaire en dehors; la couche longit dans chaque coupe du sac, du côté dirigé vers le masse épaisse en forme de croissant plus épais au n extrémités. La couche circulaire a aussi la forme d' mais d'un croissant beaucoup plus grand que le pr entoure la portion épithéliale du sac sur toute la fac en la contournant dans les deux tiers de sa circonfér compose de fibres qui partent des deux extrémités pour venir à la rencontre les uns des autres, s'entre ou moins sur la ligne médiane dans la portion qu milieu du croissant; enfin, dans cette portion à fibre sées, entre les fibres à direction transversale et la co liale sous-jacente, se trouvent quelques fibres coup ment (fig. 7 m) et qui représentent l'extrémité de la gitudinale. Cette même couche se trouvera plus déve les coupes qui vont suivre; mais ici, dans cette pr est à peine représentée.

Dans la seconde coupe (fig. 8) nous voyons que les musculaires en forme de croissant, situées de chaqu couche épithéliale interne, se sont échancrées dans médiane, l'extérieure plus profondément que celle t le centre. Cette dernière n'éprouve pas, par suite de c crure, de changements considérables; elle devient moins épaisse; mais, pour l'autre, c'est différent. des deux croissants qui est situé vers l'extérieur, l'é très profonde, divise complètement la masse en de

composées chacune des fibres transversales, et entre lesquelles pénètre un repli assez profond, formé entièrement par des fibres longitudinales, et qui séparent l'une de l'autre les deux moitiés à fibres transverses. Ces fibres longitudinales ne tapissent pas seulement l'échancrure; elles s'étendent, de plus, à droite et à gauche entre la couche épithéliale et les masses à fibres transverses, et représentent la même couche à fibres longitudinales déjà signalée dans la coupe précédente (fig. 7 *m*), mais qui se trouve ici beaucoup plus développée.

Dans la troisième coupe située à l'endroit où les trois bras se séparent du disque central (fig. 9), les deux échancrures supérieure et inférieure de la figure 8 se sont complètement rejointes, en coupant en deux le tube épithélial interne. La couche musculaire ne paraît plus comme auparavant divisée en deux moitiés ayant chacune la forme d'un croissant, mais toutes les portions composées de fibres longitudinales qui appartenaient à ces deux moitiés se sont rejointes tout autour des deux divisions du tube épithélial central en une enveloppe musculaire continue, entièrement composée de fibres longitudinales, et qui présentent seulement en un point de leur paroi un épaississement assez volumineux composé du paquet de fibres transversales déjà mentionné précédemment, et qui, dans les deux figures 7 et 8, constituaient chacune des moitiés du croissant extérieur.

En résumé, on voit, en partant de la figure 7, que le croissant musculaire interne, entièrement composé de fibres longitudinales, s'amincit simplement en s'échancrant au milieu, tandis que pour le croissant musculaire externe à fibres transversales, il se forme par l'adjonction de fibres longitudinales nouvelles sur tout le bord interne et dans l'échancrure médiane, une véritable couche longitudinale d'apparition nouvelle, et comprenant à droite et à gauche les deux paquets restants de fibres transversales. Cette nouvelle couche se rejoint complètement avec celle du côté opposé, de manière à faire le tour des deux tubes épithéliaux.

Les coupes suivantes (fig. 10) ne présentent pas de différence. Chacun des deux tubes épithéliaux s'y trouve entouré d'une couche longitudinale uniforme renfermant en un point de sa paroi un renflement composé de fibres transversales; seulement le nombre de fibres longitudinales de la couche uniforme de-

vient de plus en plus faible, et les deux renflements de fibres transverses de moins en moins volumineux.

A la fin (fig. 11) ces deux renflements disparaissent complètement, et la couche complètement uniforme qui entoure chacun des deux tubes épithéliaux ne se montre plus composée que de fibrilles entre-croisées en tous sens.

A l'extrémité des bras, avant de disparaître complètement (fig. 12), les deux couches uniformes se confondent de nouveau en s'envoyant réciproquement un certain nombre de fibres (fig. 12).

La dernière coupe (fig. 13) passe par un point où les sacs endodermiques ont décidément pris fin ; les fibres musculaires représentées dans cette figure n'appartiennent plus à l'enveloppe des sacs, mais occupent l'intérieur d'un repli annulaire constitué par la peau à la base de la griffe qui termine le bras.

Je mentionnerai, pour clore ce chapitre sur la couche musculaire, l'existence en différents points de la couche musculaire, et adhérant à sa partie externe, de cellules volumineuses à contenu aréolé, représentées figures 4 et 3 et qui contiennent généralement un ou plusieurs corps, peut-être des noyaux. J'avais d'abord pris ces corps pour de véritables cellules (peut-être génitales), mais j'ai observé qu'elles se continuaient le plus souvent avec une substance hyaline située dans l'intérieur même de la couche musculaire, entre les différentes fibrilles. Je doute donc qu'on doive les considérer comme étant de vraies cellules, et il est possible qu'elles fassent seulement partie d'une gangue albumineuse de nature connective qui relie les fibres musculaires, et fait saillie par places, de manière à représenter les renflements arrondis que j'ai indiqués dans les figures. Ces renflements arrondis ne manquent jamais de présenter à leur intérieur un ou plusieurs noyaux colorés en rouge sur les préparations, mais je n'ai pu me convaincre d'une manière bien précise si ces parties sont de vrais noyaux, au sens propre du mot, ou seulement des coupes de fibres musculaires. Je reste donc dans le doute en ce qui concerne la nature cellulaire de ces corps.

Ainsi que je l'ai dit en commençant, les trois sacs dont je viens de décrire la structure sont incomplètement séparés, ils ne possèdent aucune communication commune, soit entre eux, soit en dehors, le seul aboutissant qu'ils possèdent est la griffe terminale creuse située à l'extrémité de chaque bras, et au moyen de

laquelle les substances aspirées pénètrent dans leur intérieur.

Quel est le rôle de ces sacs? On ne peut guère se refuser à admettre qu'ils soient les représentants de l'appareil digestif. Faut-il donc admettre que notre parasite possède trois appareils digestifs complètement séparés? C'est ce que nous examinerons dans ce qui suivra.

§ 5. — Des bandes musculaires.

La puissante couche musculaire que nous venons de décrire autour des sacs endodermiques, ne peut guère avoir pour effet que de rétrécir la cavité de ces sacs; d'autres muscles sont chargés de la dilater, de manière à aspirer à l'intérieur les liquides qui servent à la nutrition. Ce rôle est dévolu à trois faisceaux musculaires situés au milieu de la face concave du disque et que nous avons signalés plus haut (fig. 3).

Si l'on examine une coupe passant à ce niveau (fig. 8), on trouve que devant la face tournée vers le centre, de chacun des trois sacs, et adhérente à cette face, se trouve une corde hyaline ca, sur laquelle les faisceaux de muscles viennent s'insérer deux à deux. La figure 8 représente ces trois cordes hyalines en coupe transversale, la figure 4 en représente une en coupe longitudinale.

Lorsque les faisceaux musculaires se contractent, ils entraînent les cordes hyalines, avec la paroi intérieure du sac qui y est soudée, la cavité de ce dernier se trouve ainsi agrandie, et ainsi se produit une espèce de succion au moyen de laquelle les liquides nourriciers sont aspirés au dedans.

La figure 4 nous montre les dimensions, dans le sens de la hauteur, des trois cordes hyalines et des gros faisceaux musculaires, les seuls qui soient visibles dans les figures 3 et 8.

La même figure permet en plus de voir entre le principal faisceau musculaire désigné par les lettres *fm*, un autre faisceau plus petit désigné par les lettres *fs*, et qui fait une courbe plus accentuée que le précédent. Ces petits faisceaux secondaires, dont l'existence est également très constante, sont également au nombre de trois comme les plus grands, ainsi qu'on peut s'en assurer par l'examen des coupes faites à un niveau supérieur (fig. 7); elles s'insèrent, non plus sur les côtés, mais à la partie supérieure des cordons hyalins, et limitent en dessus la cavité

centrale déjà signalée (c) dans la figure 3, et sur la allons avoir à revenir dans ce qui suit.

Les trois cordes hyalines m'ont paru constituées p stance anhiste parcourue par un certain nombre de c lées.

Tous les muscles, aussi bien ceux des sacs endoder ceux des faisceaux que nous venons de décrire, son par des fibres musculaires lisses renfermant des no point de leur parcours, dans les trois grands faiscea dans ce qui précède, ces noyaux sont très apparents rement disposés auprès du point où chaque fibre s'in corde hyaline.

§ 6. — De la griffe terminale.

L'extrémité de chaque bras est occupée par une gri dément enfoncée dans la peau de la firole, et au mo quelle les liquides nutritifs pénètrent à l'intérieur.

Cette griffe n'est nullement un crochet acéré mais simple tube ouvert à l'extrémité (fig. 6) et qui conduit chambre cloisonnée que nous allons décrire. Ce tube que dans la moitié de son parcours, dans l'autre m trouve recouvert par un repli de la peau au fond duqu s'insère.

La portion du tube chitineux entièrement libre à l' ainsi que celle qui est recouverte par le repli cutané, tuent en réalité qu'une petite portion de l'appareil com termine chaque bras. On voit en effet dans les coupe tube chitineux ne s'arrête pas au point où il s'insère mais qu'il pénètre à l'intérieur pour venir se renfle chambre spacieuse également chitineuse, et qui se tro sée, par une partition médiane, en trois parties sépa deux parties latérales (fig. 6, 2, 2), sont toutes deux de poches, c'est à elles qu'aboutissent les deux branch endodermique, et dans leur intérieur que vient s'épan contenu, la portion médiane a la forme d'un second tu neux emboîté dans le premier et qui s'en sépare ensu remonter dans le haut (fig. 6, 1), dans l'espace compris deux branches du sac endodermique, et sur les connex quel nous aurons à revenir.

§ 7. — De l'espace central.

Entre le tégument dont nous avons plus haut décrit la structure, et les organes internes, muscles, sacs endodermiques, etc., existe une cavité que nous pouvons considérer comme étant une cavité générale, quoique sa signification morphologique exacte ne nous soit pas bien connue.

Cette cavité générale est une cavité réelle, c'est-à-dire qu'elle n'est pas comblée par du tissu conjonctif et ne contient que çà et là quelques cellules disséminées (fig. 10 et 5). Quant à ses dimensions, elles sont assez uniformes, excepté en un point situé au milieu du disque, entre les trois sacs endodermiques, où elle présente un élargissement déjà mentionné précédemment figure 3, *c*, et désigné alors sous le nom de cavité centrale.

Cette cavité centrale est l'une des parties les plus complexes et les plus intéressantes à étudier de l'animal tout entier.

Nous avons vu que les trois faisceaux de fibres musculaires qui occupent le milieu du disque (fig. 3) sont surmontés par trois autres faisceaux plus grêles et qui forment voûte, comme on le voit dans la figure 5, au-dessus d'une certaine portion de la cavité centrale en haut de laquelle ils viennent se rejoindre. La cavité centrale se trouve de cette façon divisée en deux portions bien séparées l'une de l'autre, l'inférieure entourée de tous côtés par les faisceaux musculaires, la supérieure située au-dessus de ces faisceaux et comprise entre leur partie supérieure et la peau de la face dorsale. Chacune de ces cavités a une structure différente.

L'inférieure contient un organe énigmatique auquel je donnerai le nom d'organe cloisonné, et qui se compose d'une cavité centrale autour de laquelle rayonnent un certain nombre de culs-de-sac (fig. 5), le tout composé d'une membrane délicate à paroi formée de cellules aplaties. Au-dessus de cet organe est une masse enchevêtrée de fibrilles connectives circonscrivant une certaine quantité de vacuoles. Dans les coupes transversales (fig. 8), l'organe cloisonné présente un nombre variable de cavités dans lesquelles on distingue surtout trois principales : une au centre, et trois autres principales, situées aux trois angles, et entre lesquelles s'en trouvent parfois d'autres plus petites. Dans la figure 7, la coupe passe au travers de la masse fibrillaire contenant des vacuoles.

La seconde portion de cavité centrale, qui se tro
dessous de celle que je viens de décrire, ne conti
son intérieur des organes aussi importants : on y voi
des cordons composés de fines fibres parallèles qu
toute la cavité dans le sens de la hauteur pour ven
d'une part au sommet de la force dorsale du disque,
à la partie supérieure de la masse à vacuoles précéd
crite. Que représentent ces cordons, c'est ce dont je
pu me rendre compte, mais ils méritent cependant d
lés à cause de leur constance, je les ai en effet renc
tous les individus. Il est possible qu'ils ne soient pas
que de simples ligaments destinés à maintenir en pl
cloisonné et les parties qui l'entourent. A droite et
ces deux cordons fibreux, la cavité générale est gé
remplie par une masse gélatineuse contenant des no

Outre les différents organes que nous venons d'étud
reste encore, pour terminer l'étude de cette région
faire mention d'une dernière partie que nous allons

Les différentes coupes transversales pratiquées à
région inférieure du disque, nous montrent consta
tube arrondi situé à l'intérieur du cordon hyalin (fig
place de ce cordon n'est peut-être pas invariable dans
transversales, je l'ai rencontrée en général à l'angl
de chaque cordon hyalin (fig. 8, f), tandis que dans
longitudinales, je l'ai trouvé invariablement situé à
térieur entre le cordon hyalin et la paroi du sac endo
Quoi qu'il en soit, son existence est constante à ce n

La structure de ce canal ne m'est pas apparue avec
teté parfaitement satisfaisante : en général, on n'y
guère qu'un contenu granuleux (fig. 4 et 8) sans paro
parente ; dans quelques préparations cependant, je l'
tinctement composé (fig. 14) de cellules aplaties.

Quant aux connexions de ce canal, elles sont égalen
ciles à élucider : il n'est vraiment bien apparent qu
partie médiane, et difficile à suivre à ses deux extrén
coupes longitudinales (fig. 4) le montrent cependant d
nière assez constante, incurvé dans sa partie supérieur
nière à venir rejoindre l'organe cloisonné avec leque
qu'il communique en effet.

Sa terminaison inférieure est plus difficile à suivre : on retrouve le canal sans difficulté sur toute la longueur de la corde hyaline, mais après cette dernière, sa paroi devient si délicate, qu'il devient assez difficile de la retrouver dans les coupes. J'ai cependant réussi quelquefois, principalement sur les coupes opérées dans le sens de la figure 6, à le suivre vers le bas, jusqu'à la rencontre du tube médian de la griffe (fig. 6, n° 1).

Je pense donc que le tube mentionné n'est autre chose qu'un canal à parois composées de cellules aplaties, et qui établit la communication entre l'organe cloisonné et la chambre moyenne de la griffe (fig. 4), mais c'est là un point qui aurait encore besoin d'être étudié plus à fond.

Malgré la nuance d'incertitude qui subsiste à cet égard, nous pouvons cependant nous demander ce que représente le singulier organe cloisonné que nous venons de décrire.

La première idée qui m'est venue a été d'y voir la portion centrale de l'appareil digestif.

En effet, l'organe cloisonné, les trois canaux qui en rayonnent jusqu'à l'extrémité des bras, enfin, les sacs endodermiques qui viennent par l'intermédiaire des trois chambres de la griffe, se rattacher à l'extrémité de ces canaux rayonnants, peuvent être considérés comme constituant un tout unique.

Nous aurions de la sorte un tube digestif unique composé d'un sac central et de trois canaux divergents dont chacun se trouverait muni, à son bout extrême, d'une glande volumineuse (le sac endodermique) qui pourrait être considérée elle-même comme ne représentant qu'un simple diverticule de la paroi du canal. Nous arrivons ainsi à envisager notre animal comme ayant un tube digestif unique occupant la partie centrale, et à considérer les trois sacs endodermiques contenus dans les bars, comme ne représentant autre chose que trois simples glandes annexes.

Mais l'étude ultérieure m'a convaincu que cette opinion était tout à fait insoutenable ; en effet, il faut se rappeler que les sacs endodermiques sont bifurqués à l'extrémité, de sorte qu'il faudrait admettre que chacun a pris naissance aux dépens du canal au moyen de deux culs-de-sac qui se seraient un peu plus loin réunis en un seul.

D'ailleurs, l'organe cloisonné et les canaux qui en partent ne possèdent aucunement les caract[illegible]s de dépendances d'un tube

digestif : leur paroi est toujours extrêmement délicat
posée de cellules plates. L'organe central présente de
qui paraissent assez intimes avec la masse de tissu
la surmonte et qui en est par le fait assez mal délimité
naux sont plutôt, pendant toute la première partie de
cours, des lacunes creusées dans le tissu des cordon
plutôt que de vrais canaux à parois propres, en résu
présentent bien plutôt comme un système de cavités
dans le mésenchyme, et issu en dernière analyse, d'u
nement de la cavité générale, plutôt que comme pro
l'évolution directe d'un feuillet endodermique parfaite
conscrit.

Ces considérations me portent à voir dans tout cet
de cavités (organe cloisonné, sacs endodermiques, etc
pas un, mais deux systèmes d'origine fort différente, le
composé seulement des trois sacs endodermiques, et qu
regarder comme issu de la division directe en trois par
seul sac endodermique; le second, composé de l'org
sonné et des trois canaux qui s'y rattachent, et qui peu
gardé, au point de vue morphologique, comme un sy
canaux creusés dans le mésenchyme, et appartenant
séquent, en dernière analyse, au feuillet mésodermiqu

Chacun de ces deux systèmes se formerait donc d'une
tout à fait distincte, et ils viendraient ensuite d'une
toute indépendante déboucher à l'extérieur par une o
commune. Le premier représenterait tout l'appareil dig
second ne serait autre chose qu'un appareil vasculaire
à la circulation de l'eau et du liquide nourricier.

D'un autre côté, il ne me paraît pas tout à fait inv
blable de supposer que ces deux systèmes, digestif et
laire, puissent présenter des relations assez intimes sou
port physiologique. A ce point de vue, on doit considér
cun des trois sacs endodermiques, mis en mouvement
triangle musculaire du milieu du disque (fig. 8) et par
sante enveloppe musculaire, comme étant un véritable
suceur, dont le rôle est d'aspirer et d'élaborer la nou
mais il n'y a aucune raison de supposer qu'une fois élabo
liquides nourriciers ne peuvent pas, par l'intermédiaire d

chambres de la griffe, passer directement dans les trois canaux vasculaires, pour être de là transportés dans tout le reste du corps.

Nous aurions donc dans l'ensemble des cavités qui viennent de nous occuper, un appareil *digestif* et un appareil *aquo-vasculaire originairement distincts*, mais peut-être placés au point de vue physiologique sous une dépendance assez intime.

§ 8. — Plaques papillaires et du système nerveux.

Il me reste encore, pour terminer cette description, à dire un mot d'un organe sensoriel qui se trouve placé à la racine de chaque bras, au milieu de la face concave, et un peu près à la place où chacun de ces bras se réunit au disque central.

Chacun de ces organes consiste en une saillie de forme plus ou moins ovale, et qui est entièrement formée par le tégument. Cette saillie est recouverte par de nombreuses papilles. Si l'on fait une coupe en travers, on trouve que les papilles les plus volumineuses sont au centre, et vont ensuite en décroissant vers les extrémités (fig. 4, 9, 5, 14), ces papilles sont constituées par un épaississement local de la cuticule externe, beaucoup plus épaisse ici que dans les autres parties du corps, et renflée en un certain nombre de petits boutons arrondis. A chacun de ces petits boutons, aboutit un paquet de glandes unicellulaires (fig. 14) dont l'ensemble forme une couche d'une assez grande épaisseur et qui se continue aux extrémités, avec la couche épithéliale du tégument. Enfin, au-dessus de cette couche à paquets glandulaires (fig. 14), se trouve une cuticule interne extrêmement épaisse (fig. 14 *ci*), surtout dans sa partie médiane, et qui s'amincit ensuite graduellement vers les bords. Cette cuticule épaisse n'est également que le prolongement de la mince membrane cuticulaire interne qui fait le tour du corps tout entier, mais elle présente ici des caractères absolument différents.

Au point qui correspond au centre de la plaque papillaire, cette épaisse couche cuticulaire se trouve interrompue pour laisser passer un cordon volumineux, composé de fines fibrilles (fig. 14 *n*) et qui se rend à un amas de substance ponctuée (fig. 14 *n c*), situé entre la cuticule et la couche de cellules glandulaires. Cet amas de substance ponctuée présente les mêmes caractères que ceux qu'on attribue généralement au tissu nerveux. Je le considère comme un amas de substance nerveuse

et le gros cordon qui y aboutit, comme un tronc r
tronc fait constamment, après sa sortie, un fort re
même, il traverse ensuite le gros faisceau musculair
monte, et vient enfin aboutir au cordon hyalin, dan
duquel on voit ses fibres se perdre, en se mélan
fibrilles connectives du cordon.

§ 9. — Résumé.

En résumé, les principaux organes de cet organism
consistent essentiellement :

1° Dans un appareil digestif composé de trois sac
communiquant chacun séparément au dehors, par u
ture située à l'extrémité des bras et pouvant jouer le
tomacs succurs, au moyen d'un groupe central de troi
musculaires qui s'insèrent à trois cordes hyalines adhé
paroi des sacs (fig. 8). Chacun de ces sacs se trouv
d'une épaisse couche épithéliale doublée d'une puiss
loppe musculaire.

2° Dans un appareil aquo-vasculaire, communiquan
temps avec l'intérieur et avec la cavité des sacs par l'int
de la griffe. Cet appareil se compose d'un organe central
et de trois canaux qui en rayonnent jusqu'à l'extrémité

Outre ces deux appareils fondamentaux, il faut rem

3° La structure du tégument, composé d'une cuticul
doublée d'épithélium, cuticule interne plus mince et c
arrondies (mésenchymateuses)?, interposées entre les

4° La structure de la griffe (fig. 6) composée de trois
qui communiquent, d'une part, avec les cavités des s
dermiques et de l'appareil vasculaire; et de l'autre di
avec l'extérieur, au moyen d'une ouverture unique
bout de chaque bras. Ouverture qui est la seule pa
s'établisse la communication au dehors.

5° L'existence d'un système nerveux et de deux l
fibreux.

Le système nerveux est composé d'un tronc vol
(fig. 14), qui se rend à la base des plaques sensorielles
par un épaississement du tégument à la racine de cha
dans la partie concave du disque.

Les deux cordons fibreux (fig. 5) s'étendent de la fac
à la masse de tissu aréolé qui surmonte l'organe clois

sont limités à droite et à gauche, par une masse albumineuse (connective), contenant des noyaux, leur nature est énigmatique, ce ne sont peut-être que de simples ligaments.

Enfin, comme désidérata, il me reste à signaler l'absence de tout renseignement en ce qui concerne le squelette : je n'ai malheureusement pas eu le loisir d'examiner les échantillons à l'état complètement frais, les exemplaires capturés ont été fixés dans les acides et conservés dans l'alcool, ce qui fait qu'il ne restait plus aucune trace de squelette, je ne puis, par conséquent, me prononcer sur la question de savoir si le tégument de ces animaux est simplement membraneux, ou bien s'il constitue, comme chez les échinodermes, une enveloppe calcaire, question intéressante et qui ne manque pas de raison d'être, à cause de la ressemblance que présente la couche de cellules disséminées, située ici entre les deux cuticules, avec la couche productrice du test chez les échinodermes; il est possible que cette couche intermédiaire représente ici aussi une couche squelettique, mais pour le moment nous devons laisser cette question en suspens.

J'ignore également si les trois cordons hyalins représentent chez l'animal vivant, trois tiges calcaires solides, ou bien seulement trois cordons fibreux, mais la première opinion me paraît possible. Je dois également, avant de terminer, attirer une dernière fois l'attention sur les trois canaux rayonnants de l'appareil vasculaire, canaux dont je n'ai pu, vu l'insuffisance du matériel, déterminer la connexion avec certitude absolue, et qui me paraissent constituer l'un des points les plus importants qui demeurent à compléter.

§ 10. — Conclusion.

Le fait capital de la division de l'endoderme en trois sacs séparés, possédant chacun leur ouverture propre, rend d'abord très difficile l'appréciation de l'organisme aberrant que nous venons de décrire. On ne voit pas au premier abord si l'on doit considérer cet animal comme une colonie de trois individus soudés par le tégument qui se serait réuni en une enveloppe générale, ou bien comme un animal unique à endoderme tripartite, il me semble, si l'on veut voir un peu clair dans une appréciation quelconque au sujet de la trichœline, qu'il importe d'abord de se faire un siège au sujet de cette grande question.

Sans vouloir entrer le moins du monde dans une discussion approfondie, je ferai seulement remarquer qu'il me semble beaucoup plus naturel, vu le nombre d'organes communs existant dans le disque (triangle musculaire, organe cloisonné, etc.), d'adopter la seconde de ces deux idées, dans le sens où je l'ai exposé dans le cours de la description.

La trichœline serait donc censée provenir d'un animal possédant un sac endodermique indivis, avec un système vasculaire (ou aquifère) complètement distinct, et ce n'est que plus tard après la division de l'endoderme en trois parties, que ces deux systèmes (digestif et vasculaire) seraient venus se mettre en relations plus intimes, par une ouverture commune placée au bout de chaque bras.

Une telle forme primitive, avec système digestif et vasculaire séparés, le premier indivis et s'ouvrant au centre du disque, ne me paraît avoir d'analogies quelconques qu'avec les formes qui composent le groupe des échinodermes, elle possède au moins avec eux quelques caractères communs, accompagnés il est vrai de nombreuses différences, mais je ne vois pas au monde avec quel autre groupe il serait possible d'établir des tentatives de rapprochement; les arpépodes parasites trémotides, etc., bien que très abondants en formes des plus étranges, bien que capables de présenter, sous le rapport de la structure interne, les modifications les plus profondes et les plus inattendues, ne nous montrent cependant rien qui puisse être rapproché, comparé au plan de structure existant chez la trichœline.

Je crois donc que ce qu'il y a de mieux à faire est, tout en restant dans une certaine réserve, de considérer cette forme étrange comme plus voisine des Échinodermes que de tout autre groupe. On pourrait peut-être la considérer comme constituant, sinon un véritable Échinoderme, modifié par parasitisme, au moins une forme à placer à peu de distance, dans une nouvelle division voisine et parallèle?

EXPLICATION DES PLANCHES I ET II.

c. Cavité centrale.
cs (fig. 8). Troncs hyalins, auxquels s'insèrent les gros faisceaux de muscles fm.
cu. Portion épaisse de la cuticule interne qui se trouve au centre de la face interne du disque.
ep. Coupe épithéliale.
f. Cordon fibreux de la région dorsale.
fm. Faisceaux de muscles principaux.
fs. Faisceaux de muscles secondaires.
i. Tube épithélial occupant l'axe du cordon hyalin.
m (fig. 7). Muscles longitudinaux.
n. Tronc nerveux.
nc. Masse ponctuée nerveuse.
t. Cuticule externe.
t'. Cuticule interne.
l. Chambre moyenne de la griffe.
h. Chambres latérales de la griffe.

EXPLICATION DES PLANCHES.

FIG. 1. — Une firole portant ses parasites. Grandeur naturelle.

FIG. 2. — Le parasite vu de profil et montrant les trois sacs endodermiques supposés vus par transparence. (A l'état vivant, l'animal est complètement opaque.) — Grossissement : 40.

FIG. 3. — Le même parasite dessiné par la face ventrale après coloration et éclaircissement, et montrant par transparence les parties suivantes : 1° la cavité générale avec sa division centrale *c*; 2° les trois sacs endodermiques et le triangle musculaire. A l'extrémité des trois bras se voient les trois griffes terminales faisant saillie au-dessus, et, un peu plus bas, la portion bipartite de chacun des sacs endodermiques. — Grossissement : 40.

FIG. 4. — Une coupe longitudinale passant par deux des bras. — Grossissement : 100.

FIG. 5. — Une coupe longitudinale passant par un bras et un intervalle (un rayon et un interrayon), et intéressant le milieu du disque du côté du rayon (à gauche); les deux faisceaux musculaires *fm*, *fs* sont coupés suivant la direction des fibres; du côté de l'interrayon, ils sont coupés perpendiculairement. — Grossissement : 95.

FIG. 6. — Coupe horizontale, parallèle à la surface des bras, et passant par la griffe et par les deux branches du sac endodermique. — Grossissement : 95.

FIG. 7. — Coupe transversale du disque dans le voisinage de la région dorsale passant par les petits faisceaux musculaires *fs* et par la masse du tissu aréolaire. — Grossissement : 61.

FIG. 8. — Coupe un peu plus bas passant par le grand triangle musculaire *fm* et par l'organe cloisonné. — Grossissement : 61.

FIG. 9. — Coupe un peu plus bas, au niveau du point où les bras s'attachent au disque, et intéressant la plaque papillaire. — Grossissement : 100.

FIG. 10. — Coupe suivante (un peu plus bas, au milieu du bras). — Grossissement : 95.

FIG. 11. — Coupe passant au bout du bras, à l'endroit où le tube chitineux provenant de la division moyenne de la griffe commence à apparaître. En haut, quelques cellules étoilées de tissu conjonctif. — Grossissement : 95.

FIG. 12. — Coupe de l'extrémité du bras, au point où les deux divisions du sac endodermique sont près de disparaître pour faire place à la griffe. — Grossissement : 95.

FIG. 13. — Coupe au niveau de la griffe. — Grossissement : 95.

FIG. 14. — Coupe de la région centrale et inférieure du disque, pour montrer à un plus fort grossissement la plaque papillaire et le tronc nerveux qui se rend dans son intérieur. — Grossissement : 240.

L'APPAREIL RELUISANT

DU

SCHISTOSTEGA OSMUNDACEA

Par le Dr P. VUILLEMIN

Chef des travaux d'histoire naturelle à la Faculté de médecine de Nancy.

(PLANCHE III.)

On observe parfois dans les fentes des roches schisteuses ou arénacées, dans les sables produits par leur désagrégation, entre les pierres disjointes des vieilles murailles, des traînées lumineuses dont les reflets rappellent à la fois l'or et l'émeraude et que l'on a souvent attribuées à une phosphorescence. Il est difficile, en effet, de soupçonner tout d'abord des jeux de lumière au fond de ces fissures étroites. C'est pourtant ce qui se passe; et vous n'avez qu'à intercepter au passage les rayons incidents, pour éteindre cette lueur qui ne saurait s'alimenter d'elle-même. Quel est donc l'appareil capable de réfléchir comme l'œil d'un fauve ces brillantes radiations? L'agent de ce phénomène est une myriade d'yeux en miniature, pourvus d'un pigment et d'un cristallin, et capables de s'accommoder au degré d'intensité de la lumière. Mais ce qui est plus remarquable, c'est que cet Argus nouveau n'est autre qu'une petite mousse, le *Schistostega osmundacea*, W. et M.

Pour faire comprendre la nature de cet organe reluisant, nous rappellerons en quelques mots l'organisation et les caractères botaniques de la plante qui le possède.

On sait que les mousses sont intermédiaires aux plantes inférieures appelées Thallophytes (Algues et Champignons) et aux plantes vasculaires. Au moment où elles viennent de naître par germination d'une spore, elles se présentent sous forme d'un appareil filamenteux rampant sur le sol. A cette période, elles ne dépassent pas le degré d'organisation des Algues. On appelle cette phase un protonéma (prothalle de quelques auteurs). La mousse proprement dite naît par une véritable métamorphose aux dépens du protonéma.

Le protonéma est également éphémère. Parfois pourtant, des conditions extérieures beaucoup plus favorables à la vie d'une algue qu'à la vie d'une mousse, fixent la plante dans son état primitif; la mousse reste indéfiniment semblable à une algue. Mais alors ce stade se perfec' :ne ; l'appareil végétatif se différencie. Nous verrons même (et ce détail important avait échappé jusqu'ici aux bryologues) que le protonéma peut posséder des organes reproducteurs spéciaux, rappelant ceux des Thallophytes. Voilà précisément ce qui se passe chez le *Schistostega*, et c'est à un protonéma doué d'une organisation supérieure que la plante doit son éclat.

Trois cas peuvent se présenter dans la station de la mousse et par suite, dans l'importance de sa végétation d'algue. 1° Croît-elle à la surface de rochers relativement durs et largement éclairés? Elle formera surtout des tiges feuillées. A peine verra-t-on quelques filets d'émeraude ramper autour des gazons pâles de la mousse; 2° entre les pierres disjointes au fond d'une grotte : elle émettra des filaments plus nombreux enlaçant les grains de sable dans leurs mailles. L'étude en sera difficile encore; on ne peut enlever l'appareil lumineux avec son support trop friable, et on l'ensevelit cent fois dans la poussière avant d'arriver à l'isoler; dans de larges fentes de rochers assez profondes pour ménager un demi-jour, assez ouvertes pour permettre à diverses mousses de croître et de maintenir le sol fortement humide, le protonéma développe des touffes exubérantes, tandis que la phase sexuée devient rare. Aussi n'est-il pas étonnant que des bryologues émérites aient attribué à une algue véritable « la magique lueur qui scintille dans les tristes cavernes, » comme disait Schimper. Telle était l'opinion de Bridel, qui l'appelait *Catopridium smaragdinum*.

Notre protonéma débute sous forme de tubes rampants souvent bifurqués, munis de cloisons obliques et pauvres en chlorophylle. Ces filaments émettent bientôt par poussée latérale, ou plus rarement à leur extrémité, de petits buissons cellulaires dressés et abondamment ramifiés. En cela ils se comportent comme les protonémas de mousses plus vulgaires (*Polytrichum*, *Pogonatum*), qui couvrent d'un tapis verdoyant les talus des terrains arénacés.

Mais chez une plante destinée à fixer les sables dans des anfrac-



tuosités où la lumière arrive en quantité insuffisante, la chlorophylle qui remplit ces touffes vertes ne saurait jouer les divers rôles qui lui sont dévolus dans la vie de la plante, si elle n'était accompagnée de véritables lentilles capables de faire converger les radiations vers les corpuscules pigmentaires. Est-ce que telle serait l'origine de l'appareil que nous allons décrire.

Les arbuscules dressés sont composés de cellules globuleuses qui sont superposées et ramifiées comme les raquettes d'un nopal. Les cellules ne sont pas absolument sphériques comme on le dit généralement. Leur forme est toute spéciale et assez complexe. Elles sont nettement bilatérales, avec une face antérieure et une face postérieure appliquées l'une contre l'autre par un méridien circulaire. La face antérieure est un hémisphère presque toujours un peu déprimé; tandis que la face postérieure est plus saillante. De cette façon le méridien antéro-postérieur, de même que l'équateur, est elliptique en avant, parabolique en arrière. Cette zygomorphie est liée à l'action de la radiation sur la cellule. La protubérance postérieure est en effet remplie d'un protoplasma granuleux qui, de là, s'étend comme une membrane excessivement mince sur toute la paroi cellulaire. Le reste de la cellule est rempli par une matière hyaline où l'on ne distingue à un fort grossissement aucune particule figurée. La portion diaphane constitue une véritable lentille biconvexe, circulaire de face, elliptique dans le sens de l'épaisseur, placée au-devant de la masse protoplasmique principale et entourée d'une pellicule granuleuse dont la ténuité assure la transparence.

La distribution de la chlorophylle est particulièrement importante et délicate à observer; car elle constitue à la fois l'appareil récepteur des rayons lumineux, et le régulateur de sa propre activité. Les corps chlorophylliens ont la propriété de se déformer sous l'influence de la radiation. Les migrations des chloroleucites, des faces éclairées vers les faces ombragées, puis dans les angles des cellules, lorsque l'intensité de la radiation s'écarte en plus ou en moins de l'optimum, ont depuis longtemps été indiquées par Bœhm, Famintzin, Borodin, etc. Stahl a, de plus établi, que dans certaines conditions d'éclairement, les corps chlorophylliens prennent des contours plus ou moins irréguliers.

Les chromatophores des animaux n'échappent pas à des in-

fluences de même nature. Depuis longtemps, M. P. Bert a démontré que chez le caméléon « les rayons lumineux appartenant à la région bleu violet du spectre, agissent directement sur la matière contractile des corpuscules pour les faire mouvoir et s'approcher de la surface de la peau (1) ».

Cette double propriété est développée à un haut degré chez le *Schistostega*. Par suite de la forme ronde des cellules, de la réfringence de leur contenu, elle entraîne des conséquences toutes spéciales. Elle fait aussi qu'on n'a pas jusqu'ici observé les corpuscules colorés dans leur situation normale. Pour saisir cette dernière on doit examiner rapidement des exemplaires frais, ou pour plus de commodité des protonémas fixés par l'acide osmique. Nous nous sommes assuré de la concordance des deux procédés.

S'adresse-t-on dans ces conditions à des cellules bien brillantes, on voit tous les chloroleucites accumulés dans la masse protoplasmique à la face postérieure de la cellule. Ils sont aplatis, anguleux, et constituent une lame pigmentée continue, sur laquelle la lentille antérieure concentre les radiations lumineuses comme sur le tain d'un miroir qui les réfléchit en partie.

Cette structure explique comment le protonéma se présente à une forte loupe comme un tissu de petites perles, et comment examiné à sec au microscope, il rappelle un amas de bulles d'air.

Les botanistes qui, jusqu'à ce jour, ont parlé des cellules brillantes du protonéma, les ont décrites comme des sphères à protoplasma hyalin, au sein duquel sont répandus les corps chlorophylliens. Cette opinion repose sur une observation insuffisante. Si l'on n'a pas eu soin de fixer les éléments avant de les examiner, les corps chlorophylliens se disséminent dans le protoplasma pariétal. Cet état n'indique pas toujours une altération de l'élément. Dès que la radiation incidente s'éloigne de l'optimum, les corps colorés se dispersent de même. Aussi suffit-il souvent de transporter les matériaux d'étude jusqu'au laboratoire pour qu'on ne retrouve plus la structure normale. C'est ce qui arrive constamment lorsqu'on a seulement quelques filaments brillants perdus dans le sable, ou à la surface d'une pierre. Au contraire, lorsque les cellules reluisantes sont développées en grande masse sur la mousse humide, on peut, en détachant la pierre qui les

(1) *Comptes rendus de l'Ac. des Sc.*, t. 81, 1875, p. 938.

porte, les conserver plusieurs jours vivantes et en pleine végétation.

Dans la figure 1, les corps chlorophylliens ellipsoïdaux sont appliqués, çà et là, contre les parois des cellules inférieures. Plus haut ils se rapprochent en un amas; puis ils s'aplatissent, se déforment, prennent des contours anguleux, émettent des prolongements. Finalement ils se juxtaposent et, grâce à leur changement de forme, s'appliquent si exactement l'un sur l'autre, qu'ils simulent un grain unique et composé, niché dans la proéminence qui caractérise la face postérieure. Cet appareil est donc capable de s'accommoder à l'intensité de la radiation, non pas comme l'œil humain, grâce à la contraction de la lentille et à l'arrêt d'une partie du faisceau lumineux par un diaphragme pupillaire; mais grâce à la déformation de la surface pigmentée (fig. 1, 2).

L'appareil reluisant du *Schistostega* ne constitue pas la partie essentielle du protonéma, celle sur laquelle naissent les tiges feuillées. Il végète pour son propre compte, il perpétue l'espèce dans des circonstances où le protonéma ordinaire, auquel il se substitue, aurait des chances de périr, ou de ne pas s'accroître assez pour nourrir une plante sexuée. D'autre part, la hauteur de ses buissons est limitée. Ce double motif fait que l'appareil lumineux ne peut s'étendre par lui-même, ni permettre à la plante de parvenir aux autres phases de son existence, qu'à la condition de produire de nouveaux protonémas. Ce but est atteint par deux procédés. Le plus simple s'effectue aux dépens des cellules globuleuses qui touchent le sol. Ces éléments s'allongent tout simplement en un tube qui se cloisonne et reprend les propriétés du protonéma. Il n'est pas rare que le filament ainsi formé se renfle presque aussitôt et se termine par un nouveau buisson de cellules brillantes, ou en émette latéralement de semblables. Les tubes protonématiques se comportent alors comme des stolons, pour agrandir en surface un appareil végétatif qui ne saurait s'étendre en hauteur.

Un organe plus répandu de propagation naît des cellules les plus élevées des touffes réfringentes et produit de véritables spores conidiennes à germination immédiate. Une telle formation n'ayant pas encore été rencontrée dans la phase d'algue ou protonéma des mousses, nous allons la décrire avec soin.

Une cellule terminale émet une vésicule, comme s'il s'agissait d'une reproduction par bourgeonnement. Mais ce renflement s'allonge sans s'isoler de la cellule par une cloison. Ainsi se constitue une sorte de flacon ou de ballon à col allongé (fig. 4). La chlorophylle pénètre dans le col, où elle reste appliquée à la face postérieure, ce qui montre bien que le ballon tout entier fait encore partie de l'appareil reluisant. Parfois, il est vrai, le ballon naît directement sur le protonéma (fig. 3). Cela prouve simplement qu'en pareil cas l'appareil lumineux trouve, dès le début de sa formation, un obstacle à son accroissement; il ne donne une sphère brillante que pour former aussitôt à ses dépens un corps reproducteur. La chlorophylle s'accumule bientôt au sommet du col qui se renfle (fig. 5), puis s'isole par une cloison sous forme d'un corps ovoïde gorgé de corpuscules verts (fig. 6).

La chute de la spore ainsi produite est préparée par la formation d'une nouvelle cloison située immédiatement au-dessus de l'insertion de cet organe (fig. 8). Nous avons ainsi, entre la spore et le col sporophore, une cellule séparatrice en forme de disque. Les deux faces du disque se bombent l'une vers l'autre, et une déhiscence circulaire sépare en deux l'anneau qui les unit. La spore détachée et son support conservent au niveau de l'insertion un bourrelet annulaire. Ce mode de déhiscence rappelle d'une façon curieuse le phénomène de la chute des feuilles. Mais on voit aisément que le même résultat fonctionnel est atteint par le jeu analogue de parties dépourvues de toute homologie.

Sous l'insertion de cette spore terminale, la cellule conidiophore encore remplie d'un riche protoplasma, émet un prolongement latéral sans cloison, qui se termine de même et se prolonge aussi sous la spore développée à son extrémité. Le phénomène se répète tant que le protoplasma n'est pas épuisé dans la formation de ces corps reproducteurs (fig. 7). On a finalement un tube sympodique à cavité continue, qui présente d'un même côté un nombre variable d'insertions, correspondant aux spores qui l'ont successivement terminé. Très exceptionnellement il naît sous la conidie terminale une ou deux branches conidiophores, qui s'isolent du corps du ballon par une cloison. Cette branche peut même se renfler en ballon (fig. 6).

La spore grandit un peu, se renfle, subit une ou deux cloisons transversales avant de tomber. La conidie détachée de son

gradé qu'il puisse être, qui ne soit pas fait pour voir. Et pourtant si les sensations visuelles sont encore vraisemblables, lorsqu'il s'agit de larves de crustacés, de vers, ou même de cœlentérés, comment peut-on admettre l'existence d'organes sensoriels, c'est-à-dire de la plus haute expression du perfectionnement du système nerveux, chez des êtres unicellulaires, où tous les systèmes organiques sont confondus?

Les points oculiformes qui représentent le dernier degré de dégradation de l'œil, ne se trouvent pas seulement chez les animaux inférieurs, mais chez un grand nombre d'organismes mobiles appartenant aux végétaux. Dans un cas comme dans l'autre, ils sont caractérisés par un pigment rouge, dont M. Pouchet a depuis longtemps indiqué l'analogie, à l'intensité près, avec le pourpre rétinien (1). Dans des cas exceptionnels, le pigment rouge cède la place à un pigment noir ou brun; mais les relations de ce pigment mélanique avec les pigments pourpres que l'on rencontre habituellement dans les organes oculaires sont évidentes. Elles n'ont pas échappé à M. Pouchet, qui a fait connaître un de ces appareils à pigment noir, chez une espèce de Péridinien qu'il a nommée *Gymnodinium Polyphemus* (2). L'œil, sous ses formes inférieures, est lié bien moins à l'animalité qu'à la motilité. Aussi chercherait-on vainement en lui autre chose qu'un rôle trophique et une sensibilité en quelque sorte chimique, entraînant des réactions fatales, par une transformation directe de la radiation en mouvements moléculaires et en déplacement de l'être. Sensibles à la lumière comme une plaque photographique, les pigments des êtres vivants se distinguent des sels d'argent par la propriété de se régénérer continuellement aux dépens du protoplasma. L'ébranlement moléculaire dû à la radiation détermine donc une série de modifications, une rupture incessante de l'équilibre, qui se rétablit sans cesse. L'action et la réaction se commandent nécessairement, sans qu'il y ait aucune trace de sentiment ou de volonté dans le phénomène.

Quoique les taches pigmentaires des organismes unicellulaires aient avec l'œil une homologie facile à établir, elles corres-

(1) Analyse d'un mémoire de Boll et de Kühne. *Journal de l'Anat.*, 1877.

(2) Nouvelle contribution à l'histoire des Péridiniens marins et Troisième contribution à l'histoire des Péridiniens. *Journal de l'Anat.*, 1885. Sur Gymnodinium Polyphemus, Pouchet, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*

pondent plutôt, au point de vu^ fonctionnel, avec
tophores des animaux élevés. Chez ces derniers, les n
du pigment sont un réflexe ayant son point de dépa
perfectionné et bien éloigné de sa constitution premi
chet a le premier attiré l'attention sur ce fait, en m
certains poissons, comme le turbot, perdent la propri
ger de couleur dès qu'ils sont aveuglés (1). M. Jou
des expériences analogues sur un crustacé macrou
edulis. L'obscurité, comme l'aveuglement, détermi
loration rouge persistante (2). Les teintes vives, d
voque la persistance en aveuglant les crustacés qui
pleine lumière, pâlissent pourtant si l'animal est e
insolation trop vive et capable d'impressionner dire
chromatophores. Au contraire elles deviennent cons
les hôtes des grandes profondeurs de l'Océan. La c
instructive de crustacés recueillie par les dragages
leur et du *Talisman*, montre nettement que la prédom
teintes rouges, pourpres et violacées s'accentue à n
l'organe de la vision subit une métamorphose régres

Ces faits démontrent que l'œil ne s'est pas entièrem
chi du rôle trophique dont il était primitivement l'agen

D'autre part, des taches pigmentaires munies de len
pelant par conséquent les formations considérées che
moins élevés comme de véritables yeux, sont répar
quelques poissons. Elles s'éloignent des yeux par leu
le long du corps et de la queue chez le *Stomias*, et, d
divers points de la tête, chez le *Scopelus*. Si l'on co
haute perfection des sens, et, en particulier, de l'appa
chez ces poissons, on est forcé d'admettre que les org
liformes ont un rôle différent. Il est vrai que, chez le
élevés, on pourrait, à l'exemple de M. Pouchet, se de
les yeux accessoires ne sont pas une simple image de l'
un rôle purement objectif destiné, non pas « à produire
dividu qui le porte une perception, mais à *donner* une
à d'autres êtres vivants. » Les yeux accessoires n'au
d'autre rôle que les taches oculaires des paons, des
papillons, etc. La structure de ces organes et leur in

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1871.
(2) *Id.*, 1878.

portent toutefois à penser qu'ils ne sont pas dépourvus de tout rôle subjectif. De plus, ils ressemblent beaucoup (et l'analogie, loin d'être purement extérieure, se poursuit dans la constitution interne) aux yeux de certains animaux inférieurs ou hermaphrodites, où il ne peut être question de sélection sexuelle.

Nous ne saurions insister ici sur ces faits. Nous les avons invoqués simplement pour montrer que l'œil n'est pas toujours et forcément fait pour voir. Chez les animaux supérieurs eux-mêmes, bien que le rôle sensoriel prédomine de plus en plus, l'œil conserve encore à un certain degré, comme régulateur de la pigmentation et de la réceptivité de l'animal à l'égard de la radiation, le rôle trophique qui lui était exclusivement dévolu dans le principe.

Cette interprétation rendra, je ne dis pas moins remarquable, mais moins incompréhensible ce fait, que certains végétaux possèdent des organes homologues des yeux, et supérieurs au stade primordial de simples taches pigmentaires. On n'en saurait citer d'exemple plus net que l'organe oculaire découvert par M. Pouchet chez le *Gymnodinium Polyphemus* Pouch., et dont la structure est bien connue des lecteurs de ce journal. On sait que le savant professeur considère le groupe des Péridiniens comme appartenant au règne végétal. La présence de l'œil n'a rien de contraire à cette manière de voir. L'œil des Péridiniens trouve en effet son homologue évident chez certaines plantes. Nous rappellerons à ce sujet l'organisation de l'oosphère du *Cutleria adspersa* décrite avec beaucoup de soin par M. de Janczewski (1). Là, un corps massif claviforme est en rapport avec un disque coloré en rouge orangé comme le cristallin du *Gymnodinium* l'est avec le pigment mélanique. Mais ce corps est incapable de jouer le même rôle. En effet, il est opaque et coloré en brun comme les autres leucites renfermés dans la cellule femelle. Il y a lieu de croire que le pigment spécial (rouge orangé) résulte d'une modification du pigment ordinaire (jaune brun). De même dans le *Gymnodinium Polyphemus*, on peut trouver, d'après M. Pouchet, « un globule volumineux de diatomine pâle en voie de résorption. » Bien que ce globule soit sans rapport direct avec l'appareil oculaire, il est parfaitement admissible que la diatomine dont il était im-

(1) *Annales des Sc. nat. Bot.*, 6e série, t. XVI, 1883, fig. 17, pl. XIII.

d'après les observations de M. Pouchet, l'œil est peut-être né par agglomération de corpuscules pigmentaires primitivement épars.

Chez les végétaux immobiles où la chlorophylle est la seule substance destinée à régler l'absorption de la radiation, ce pigment n'est pas répandu dans le protoplasma fondamental. Le groupe inférieur des Cyanophycées fait pourtant exception ; mais dans ces algues, toutes les parcelles de la matière vivante sont soumises directement à l'influence de la lumière. En général, la chlorophylle se localise sur des chromatophores ou leucites. Ces corps jouissent d'un phototactisme prononcé dans les organes massifs, aussi bien que dans les filaments ou les cellules isolées. Dans le *Schistostega* nous avons vu la chlorophylle constituer une plaque pigmentaire unie à une lentille et réfléchir les rayons lumineux.

Une conséquence plus importante ressort de l'étude de l'organe reluisant du *Schistostega :* c'est que la combinaison d'une lentille et d'une surface pigmentaire ne caractérise pas un organe sensoriel. D'autre part, l'ingénieuse théorie du mimétisme, habilement développée par M. Pouchet à propos des yeux accessoires des Poissons et des animaux supérieurs, ne saurait être invoquée dans ce cas particulier. Un organisme aussi inférieur, immobile et soustrait absolument à la vie de relation, ne perfectionnera que les organes essentiels à sa nutrition et à sa multiplication. L'œil des Péridiniens diffère surtout de la cellule brillante que nous avons décrite par la substitution d'un pigment rouge ou noir au pigment vert. En lui appliquant les conclusions qui ressortent de l'étude de la mousse, on admettra que cet œil a un rôle subjectif autre que la vision.

En résumé, l'œil a deux rôles subjectifs distincts, indépendamment de la valeur objective qui pourra lui être attribuée dans certains cas : 1° un rôle trophique lié à la réception de la radiation solaire, dont l'énergie est le principe de tout mouvement dans les corps vivants ; 2° un rôle sensoriel.

Le second rôle prédomine et masque le premier dans les êtres élevés et chez l'homme. Mais il n'est apparu que tardivement et sous une forme plus ou moins obtuse chez les êtres placés au bas de l'échelle. L'œil n'étant dans le principe lié en rien à la sensibilité spéciale, telle que nous l'entendons d'après nos propres sensations, il n'est pas surprenant qu'on le trouve plus ou

RECHERCHES HISTOLOGIQUES

SUR LES

MOLLUSQUES LAMELLIBRANCHES (1)

Par M. Louis ROULE
Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse,
Chargé d'un cours complémentaire à l'École de médecine.

(PLANCHES IV A VIII.)

§ 1.

Parmi toutes les questions dont se sont préoccupés les naturalistes désireux d'étudier les Lamellibranches, il n'en est pas ayant donné lieu à plus de controverses que la structure de l'appareil circulatoire. Savoir si cet appareil est formé par des vaisseaux clos, ou bien par de simples lacunes conjonctives, ou encore par des vaisseaux et des lacunes coexistant à la fois; savoir en outre si cet appareil communique avec l'extérieur de manière à permettre au sang d'être rejeté au dehors et à l'eau ambiante de pénétrer dans le courant circulatoire, sont deux sujets de recherches à l'examen desquels nombre de mémoires ont été consacrés. — Il est en effet indispensable d'avoir sur ces deux points des notions précises, si l'on veut connaître exactement le plan organique des Mollusques; mais, en outre, des données certaines à cet égard permettent de dépasser ce but quelque peu restreint, et de voir si les idées actuellement adoptées sur l'appareil circulatoire et ses relations avec les tissus épithéliaux dérivés de l'ectoblaste ou de l'endoblaste, sont applicables à tous les embranchements de Cœlomates. En effet, si, comme l'admettent plusieurs histologistes, les canaux sanguins, déjà bien différenciés, des Lamellibranches, communiquent avec l'extérieur par des pores laissés entre les cellules de l'ectoderme, cette disposition ne s'accorde pas avec l'opinion généralement acceptée sur la structure des systèmes circulatoires endigués et des épithéliums.

D'après les frères Hertwig (10) (2), les appareils circulatoires des Cœlomates, quel que soit le liquide, sang ou lymphe, qu'ils

(1) Novembre 1886.

(2) Ce chiffre et les suivants intercalés dans le texte correspondent à ceux de l'Index bibliographique qui se trouve à la fin du mémoire.

charrient, dérivent du mésenchyme. Les cavités cr
le mésenchyme n'étant autre chose que les espaces l
les tractus conjonctifs qui s'organisent aux dépens
éparses du mésoblaste, ces espaces ne peuvent s'ouvı
rement à l'extérieur. On constate bien, chez certai
d'Enterocœliens, des relations établies entre les espa
chymateux et les cavités entérocœliennes, ces derı
muniquant parfois avec l'extérieur au moyen d'oı
ciaux; mais ces relations sont secondaires. et ne peu
chez les Pseudocœliens, dont les Mollusques sont le ty
ces derniers sont dépourvus de cavités entérocœlienn
comme le prétendent plusieurs naturalistes, — l'app
latoire des Mollusques débouche directement à l'ex
plusieurs pores autres que ceux de l'organe de Bojar
valeur morphologique n'est pas encore bien établie,
notion nouvelle introduite dans nos idées sur les sy
culatoires des Cœlomates. Et la question se compli
tage lorsqu'on admet que cette communication s'éta
canaux très étroits laissés entre les cellules ectodermi
versant la couche conjonctive sous-jacente pour aller r
vides lacunaires; l'épithélium ectodermique des Mollu
de suite un caractère spécial, que l'on ne retrouve
autre épithélium de revêtement, et qui mérite un exam

Aussi ne faut-il pas s'étonner si un grand nombr
gistes se sont attachés à élucider cette question; et
ressant de suivre, d'une façon rapide, la marche des
la science sur ce sujet, afin de bien connaître les d
tuelles du problème.

I. — Mais d'abord, dans cette étude, il convient, j
mettre à part le Dentale. M. H. de Lacaze-Duthiers (18
tré, en effet, que les grands sinus de l'organisme déb
dehors par deux orifices situés quelque peu en arrière
du pied; la présence de ces deux orifices n'empêche pas
d'organes de Bojanus pourvus de leurs pores externes
les seules observations, sur le sujet qui m'occupe,
racité n'ait pas été controuvée; ces orifices ont mêm
tout récemment par M. H. Fol. — Comme on le verr
les ouvertures analogues signalées chez d'autres
n'existent pas en réalité, aussi est-il curieux d'en renc

les Dentales; de plus, ces derniers possèdent des organes de Bojanus, et ne montrent, d'après l'éminent professeur de la Sorbonne, ni cœur, ni péricarde.

Ces faits sont encore bien difficiles à expliquer, même en supposant que les Dentales soient des Mollusques primitifs, plus rapprochés de la souche ancestrale que les Lamellibranches, et chez lesquels, par suite, la cavité générale présente des caractères plutôt semblables à ceux offerts par les Annelés oligomeriques qu'à ceux montrés par les vrais Mollusques. Dans le développement du Dentale, étudié tout récemment encore par M. A. Kovalewsky (12), les cellules mésoblastiques proviennent de l'ectoblaste (?) et des deux cellules premières, puis, se tassent les unes contre les autres à cause de l'étroitesse du blastocœle; l'amas cellulaire ainsi produit ne correspond pas trop aux éléments mésenchymateux épars et isolés des autres mollusques, et ressemble davantage aux bandelettes mésoblastiques des Annelés avant la segmentation. L'ensemble des espaces libres qui apparaissent ensuite par écartement des cellules du mésoblaste serait ainsi comparable à la cavité, plus ou moins subdivisée, d'un métamère. — Mais ces notions sont encore trop hypothétiques pour qu'on leur accorde la moindre créance; et, jusqu'à nouvel nouvel ordre, il convient, dans le sujet auquel est consacré le présent mémoire, de réserver le Dentale et de le mettre à part. Du reste, ces questions ne seront résolues avec justesse que lorsqu'on aura des notions suffisantes sur la structure et le développement des *Amphineura*.

II. — Delle Chiaje, le premier, a signalé l'existence, chez les Lamellibranches, d'ouvertures spéciales, ou *pori aquiferi*, placées sur le pied et servant à l'eau d'orifices d'entrée; l'eau extérieure pénètre dans les canaux sanguins du pied, et concourt ainsi d'une manière active à amener le gonflement, la turgescence, de cet organe; cette introduction d'eau n'aurait pas d'autre but que de déterminer l'érection du pied. La question se posa alors de savoir si l'eau pénétrait réellement dans les lacunes sanguines, ou bien si elle arrivait plutôt dans un système de conduits spéciaux, distinct des lacunes, et constituant un appareil aquifère servant seul à l'érection. L. Agassiz (1) découvrit un véritable système aquifère chez les *Natica*, et étendit, bien à

la surface du pied sont des ouvertures de glandes byssogènes ayant perdu leurs fonctions, mais existant encore, bien que réduites, par atavisme; ces ouvertures ne communiquent jamais avec l'appareil vasculaire. Plus récemment MM. Cattie (4) pour les Unios et les Anodontes, et surtout Th. Barrois (2), dans un grand travail où tous les principaux types de Lamellibranches sont minutieusement étudiés à ce point de vue, ont montré la justesse des opinions de Carrière. — Il semble donc bien exact aujourd'hui que la surface du pied des Lamellibranches n'est nullement percée d'ouvertures, grandes ou petites, permettant à l'eau du dehors de pénétrer dans le courant circulatoire, et de déterminer par cela même une érection quelconque.

Le difficile était alors d'expliquer cette érection du pied. M. Ray Lankester, dans une courte note (16), a écrit que l'afflux, dans les lacunes pédieuses, du sang chassé des lacunes palléales et périviscérales, suffisait pour produire la turgescence. Et tout récemment, M. Fleischmann, dans un mémoire (6) consacré à cette étude, après avoir évalué rigoureusement la quantité de sang renfermée dans les lacunes du corps et celles du pied pendant la turgescence et pendant la contraction, est arrivé aux mêmes conclusions que Ray Lankester.

Le fait paraît donc bien démontré aujourd'hui. Mais si l'on a suivi l'historique, résumé à grands traits — et que l'on trouvera plus étendu dans les mémoires de Th. Barrois et de Schiemenz, — des discussions auxquelles ces recherches ont donné lieu, on s'aperçoit que tous les naturalistes précités ont seulement étudié le pied. Tous leurs travaux portent sur la question de savoir si le pied est, oui ou non pourvu d'orifices aquifères, les autres organes étant laissés de côté. A peine quelques zoologistes se sont-ils demandé si cette introduction d'eau ne pourrait pas s'effectuer par le corps de Bojanus, et aucune recherche physiologique suivie n'a encore été entreprise dans ce sens.

Mais le pied n'est pas le seul organe érectile chez les Lamellibranches; les siphons, lorsqu'il en existe, les bords libres du manteau et les tentacules qui les garnissent parfois, sont également doués de la faculté d'augmenter de volume, et peut-être dans de plus grandes proportions que le pied. Pour rendre complète la démonstration commencée par Carrière, Barrois, Ray Lankester et Cattie, il convient de rechercher si ces organes sont

ou non percés de pores servant à l'eau d'orifices d'e
données les preuves nombreuses fournies pour le pi
de l'absence de ces pores, il était probable, *à priori*
rait de même pour les autres régions érectiles. Mai
démontre pourtant par des observations précises, e
que je me suis appliqué.

III. — Mes recherches ont porté sur plusieurs type
étudié les siphons des *Myes* et des *Venus*, les bords
des *Venus*, des *Pectens* et des *Limes*, enfin, les tent
ginaux des *Limes*; j'ai également effectué des recher
pieds de ces animaux, mais, comme les résultats aux
arrivé concordent avec ceux des auteurs signalés c
notamment avec ceux de Barrois, je crois inutile de

J'ai eu soin, dans tous les cas, de choisir pour m
tions des individus bien vivants, ce qui me fut facile
à M. le professeur H. de Lacaze-Duthiers, le laboratoire
de la Faculté des sciences de Toulouse est constamm
d'eau de mer fraîche en grande quantité, venant d
maritime de Banyuls.

Toutes mes études ont été faites d'après des cou
sives, pratiquées tantôt sur toute l'étendue d'un orga
cet organe était assez petit, tantôt sur diverses parti
gane trop volumineux. Ce procédé de coupes succe
ployé déjà par Ray Lankester et Cattie, permet en
laisser échapper aucune ouverture, si petite soit-elle
début, j'employais comme réactif fixateur l'acide
1/100, mais ce réactif rendait les tissus trop cassa
suis bien mieux trouvé d'une *solution aceto-corrosive*,
dification des liqueurs employées au laboratoire de
dont voici la formule :

Solution saturée de sublimé corrosif dans l'eau distillée. .
Acide acétique cristallisable (glacial). . . . .

L'acide acétique, outre ses propriétés fixatrices, a
rendre la liqueur très pénétrante.

On laisse, suivant la taille, les objets dans cette s
puis deux ou trois minutes jusqu'à une demi-heure;
ensuite à l'eau douce. La fixation est tout aussi compl

l'acide osmique, et aussi rapide, ce qui est une qualité précieuse ; les tissus ne deviennent jamais cassants et les réactifs colorants agissent avec une grande intensité, surtout les réactifs à élection, dont les diverses teintes sont très tranchées. Les noyaux entre autres, avec leurs filaments de chromatine, apparaissent avec beaucoup de netteté.

Pour les coupes, je durcissais avec la série ascendante des alcools, jusqu'à l'alcool absolu ; pour les dissociations, après le lavage à l'eau, je laissais les objets macérer dans la liqueur de Müller.

Comme réactifs colorants, je me suis servi à diverses reprises du carmin acétique de Schneider, du carmin au borax, du bleu de méthyle et du brun Bismarck ; chacune de ces liqueurs m'a montré des détails particuliers, que les autres ne permettaient pas de voir. Mais le réactif qui m'a donné les meilleurs résultats est l'éosine hématoxylique, préparée suivant la méthode indiquée par M. le professeur Renaut ; ce réactif, dont le pouvoir colorant est très intense, ce qui permet ainsi de faire des coupes très minces, et qui pénètre suffisamment pour les colorations en masse, me montrait à lui seul tous les détails que les autres réactifs donnaient séparés ; aussi m'en suis-je servi fréquemment.

§ 2.

I. — Siphons des *Venus* (*Tapes*) *decussata*, L... — La forme et les rapports de ces organes sont connus ; aussi n'ai-je pas à y insister. Quelques indications histologiques ont été fournies d'autre part sur un type voisin (*Cardium edule*), par Drost (5).

Sur une coupe transversale examinée à un faible grossissement (fig. 2), les siphons montrent une trame conjonctivo-musculaire creusée de canaux sanguins et limitée sur ses deux faces par un épithélium cylindrique bien apparent. L'aspect de la trame varie quelque peu, suivant le degré de contraction de la paroi siphonale ; la figure 2 représente une coupe pratiquée sur un siphon aussi peu contracté que possible, et prise dans l'espace situé entre les bourrelets annulaires que l'on voit à l'œil nu recouvrir le siphon entier. Quant à la trame elle-même, elle est constituée par du tissu conjonctif, renfermant de nombreuses fibres musculaires lisses, et contenant des éléments

figurés parmi lesquels on doit signaler des cellules et des cellules probablement nerveuses.

Les fibres lisses ne sont pas réparties irrégulièr se groupent pour la plupart en ensembles assez nets successives alternativement annulaires et longitudin seur des couches, ou de ces plans, n'est pas la même et varie même quelque peu dans l'étendue de chac Certaines fibres, pourtant assez rares, sont oblique autres, enfin, traversent directement la paroi siph face à l'autre, croisent perpendiculairement les cou laires et longitudinales, et s'incurvent quelque peu canaux sanguins, où plusieurs d'entre elles perdent le première pour pénétrer dans les plans musculaires

Comme les couches se succèdent avec assez de ré trouve, d'une manière générale, dans une paroi de en allant de dehors en dedans, la série suivante :

L'épithélium externe.

Une mince couche conjonctive, renfermant quel entre-croisées dans tous les sens; une mince couche de culaires longitudinales, formée à peine par deux ou t superposées; une couche assez épaisse à fibres entre- contenant des éléments nerveux. Ces trois couches cons leur réunion, au-dessous de l'épithélium externe, un reconnaissable, développée surtout dans l'axe des bou nulaires portés par la paroi siphonale externe, et plus les sillons qui séparent les bourrelets.

Une couche de fibres longitudinales. Cette couche épaisse de toutes celles formées par la réunion de fi culaires longitudinales; elle est traversée par quel fibres annulaires. A son point de contact avec la cou dente, sont placés d'assez nombreux canaux sanguins, travers, et sensiblement disposés en une seule rangée

Une couche de fibres annulaires, située à peu près lieu de l'épaisseur de la paroi siphonale, et la plus toutes celles formées par la réunion de fibres musculai laires. Elle renferme de nombreux canaux sanguins d libre, rangés en une ou deux séries circulaires, et don montre les sections transversales; c'est dans cette zo



canaux sanguins sont les plus nombreux, les plus grands, et c'est par là que s'effectue surtout l'irrigation sanguine de la paroi siphonale.

Une couche assez étroite de fibres longitudinales, suivie d'une mince couche de fibres annulaires montrant les coupes de plusieurs canaux sanguins; puis, une nouvelle couche longitudinale et une nouvelle couche annulaire.

Une assise assez semblable à celle placée au-dessous de l'épithélium externe et qui présente de dedans en dehors : d'abord, une zone conjonctive, criblée de nombreuses et larges lacunes, renfermant quelques fibres musculaires, entre-croisées dans tous les sens; ensuite, une mince couche de fibres musculaires surtout annulaires, suivie d'une assise unique de fibres longitudinales située immédiatement au-dessous de l'épithélium interne.

L'épithélium interne.

En somme, au-dessous de chacun des deux épithéliums, on trouve une assise à rares fibres musculaires entre-croisées, sauf pourtant quelques-unes longitudinales ou annulaires suivant la face considérée, parfois obliques, rassemblées en une zone étroite immédiatement en rapport avec la basale des épithéliums. Ensuite, le restant de la paroi siphonale est constitué par des plans musculaires, alternativement annulaires et longitudinaux, coupés par de rares fibres obliques ou perpendiculaires, et se succédant avec régularité.

La structure indiquée ci-dessus est à peu près générale, aussi peut-on la considérer comme résumant d'une manière schématique la succession des plans musculaires. Mais on conçoit aussi que des variations se produisent suivant les régions d'un seul et même siphon d'une part, ou suivant les individus d'autre part, et portant sur le nombre et la disposition des couches musculaires. Ce nombre est sujet à augmenter ou à diminuer, mais non dans de fortes limites; le cas le plus ordinaire est la division d'un plan musculaire en plusieurs petits plans divergents qui pénètrent dans les plans voisins, s'y entre-croisent, et les découpent ainsi en petits faisceaux isolés; il semble alors, en comparant à la structure schématique signalée ci-dessus, où les plans voisins sont toujours de directions contraires, que trois plans séparés se sont fusionnés en un seul, formé de faisceaux annulaires

et de faisceaux longitudinaux placés les uns à côté d
sans ordre ni régularité. Le même fait se produit lorsc
l'intérieur d'une couche, apparaissent en assez granc
des fibres dirigées en sens contraire de celles qui co
la couche ; dans l'état normal, toutes les couches renfern
de telles fibres, mais rares et isolées, si l'on suppose
augmentent en quantité et se rassemblent en petits fi
on obtiendra, dérivant d'une cause contraire, l'aspect (
trois plans fusionnés.

Une autre modification assez fréquente est la suiva
fibres transversales, dirigées à travers la paroi siphonal
face à l'autre, sont d'ordinaire des fibres qui provien
couches annulaires, s'en séparent et se disposent p
culairement à l'assise dont elles sont issues. Générale
fibres sont isolées; mais, parfois, elles se rassemblent (
faisceaux assez rapprochés les uns des autres, qui découp
pendiculairement les plans longitudinaux en îlots plus o
larges, séparés les uns des autres par ces petits faisceau:
Dans certains cas, lorsque cette structure atteint son s
d'exagération, il semble que les couches annulaires,
d'être régulièrement curvilignes, sont ondulées, et com
mées par une série d'arcades, chacun des points de re
de deux ondulations correspondant à l'origine d'un faisc
pendiculaire qui découpe en îlots le plan longitudinal v

Quoiqu'il en soit de ces variations, les deux épaisses c
l'une annulaire et l'autre longitudinale, placées vers le
de la paroi siphonale, sont très constantes, et on les suit
mêmes caractères dans toute la longueur du siphon.

Sur une coupe longitudinale (fig. 1), vue à un faible
sement, on reconnaît, bien que dirigés en sens contrai
les plans musculaires successifs montrés par les coupe
versales. On s'aperçoit alors que le feutrage irrégulier
plans, qui aboutit à leur morcellement et à leur division
tits faisceaux entre-croisés dans tous les sens, est surtout
tué vers l'extrémité libre du siphon; en même temps, l
sinus sanguins, principalement localisés sous l'épithél
vers le milieu de la paroi siphonale, sont répartis sans
d'élection spéciales.

On observe aussi, sur cette coupe, que la paroi externe du siphon est plissée de manière à montrer des lobes, souvent divisés eux-mêmes en petits lobes secondaires, séparés par des sillons profonds; ces lobes correspondent aux bourrelets annulaires, visibles à l'œil nu, qui recouvrent la paroi siphonale extérieure et lui donnent un aspect quelque peu rugueux. Ces bourrelets sont d'autant moins accusés que le siphon est moins contracté dans le sens de sa longueur.

Mais, afin de mieux connaître la structure des épithéliums et des canaux sanguins, il importe de les examiner à un fort grossissement, sur des coupes très minces et bien colorées. La figure 3 montre une coupe transversale de la paroi interne du siphon, à un grossissement de 220/1.

L'épithélium interne est cylindrique, à une seule rangée de cellules dont la longueur égale environ 20 μ; il porte un plateau assez épais, avec un double contour manifeste; par contre, la basale est très mince, très fine, souvent à peine visible. Les cellules sont courtes et assez larges, munies d'un noyau ovalaire. Outre ces éléments, il existe quelques rares cellules calicinales, hyalines, et plusieurs corps en bâtonnet semblables à ceux de l'épithélium externe, mais moins nombreux.

Immédiatement au-dessous de la basale est une couche formée de nombreux petits éléments placés côte à côte en une seule rangée, et assez bien colorés. J'ai longtemps considéré ces éléments, à cause de leur facilité de coloration, comme des cellules à noyau peu apparent et faisant partie de l'épithélium, car, dans la plupart des cas, la basale est à peine perceptible, mais les coupes longitudinales montrent que ces sections transversales circulaires correspondent à des sections longitudinales cylindriques, et les dissociations que ces éléments sont de véritables fibres musculaires, dont la capacité de coloration est un peu plus grande que celle des autres fibres du siphon. Ces fibres sont longitudinales, et ne dépendent pas, comme on pourrait le croire d'après les rapports immédiats, des cellules de l'épithélium dont elles sont séparées par la basale.

Au-dessous est située une couche de fibres musculaires annulaires, à deux ou trois assises superposées; puis, on observe une trame conjonctivo-musculaire creusée de nombreuses lacunes

Ces lacunes sont assez nombreuses pour que l'ense raisse comme un réseau à grandes mailles et à fins le diamètre des mailles et la largeur des trabécule variables. A cette trame font suite les plans musc signalés.

Les trabécules sont constitués par du tissu con fermant des fibres musculaires lisses, celles-ci ne se pas en faisceaux, mais restent isolées les unes des au tre-croisent dans tous les sens. Le tissu conjonctif es une substance fondamentale contenant des élémen la substance fondamentale est homogène, peu fibrilla colorable; les éléments figurés sont de petites cellul (6 à 10 μ de longueur moyenne), à noyau volumineu peut le distinguer, et absorbant avec intensité l'éosi nylique. Ces cellules émettent des prolongements fili fois assez allongés, qui se perdent dans la substance tale. A côté d'elles, sont des éléments plus gros, gran nis d'expansions qui vont se rattacher aux corps en l l'épithélium; ces éléments ressemblent à ceux pl grande abondance au-dessous de l'épithélium exte phon.

Les lacunes sanguines sont de différentes tailles; on que ces lacunes sont bien chargées de renfermer le sa pant des siphons injectés. Sur les coupes transversa cunes sont toutes arrondies ou ovalaires, et, dans ce c leur grand axe est orienté dans des sens divers; elles aussi le même aspect sur des coupes longitudinales. C ne sont donc pas des cavités cylindriques dirigées d de la longueur du siphon; elles correspondent à des sés dans la substance conjonctive et de forme plus sphérique. Il ne faut pas oublier cependant que les c pratiquées sur des siphons contractés par les réactifs; dans un siphon étalé, la plupart de ces lacunes doive forme d'une ovale allongé, à grand axe orienté dans la longueur siphonale.

Ces lacunes communiquent largement entre elles parts; à défaut d'injections complètes, qu'il est bien d non impossible, de pratiquer dans la paroi des siphons, mis d'arriver à le démontrer par la méthode des coup

sives. En disposant sur plusieurs lames une série continue et ininterrompue de coupes levées sur la même pièce, il est aisé de choisir un point de repère qui permette de suivre dans la série entière une région déterminée. En examinant de cette façon plusieurs lacunes, on les voit perdre rapidement leur diamètre primitif pour l'augmenter ou le diminuer; elles se fusionnent avec les lacunes voisines, ou bien une seule lacune se divise en deux ou trois autres séparées par une cloison d'abord mince, ensuite de plus en plus épaisse. En somme, il est certain que l'on a sous les yeux un lacis de cavités à calibre variable, et largement anastomosées les unes avec les autres, puisqu'il suffit d'un petit nombre de coupes pour que les modifications énumérées ci-dessus apparaissent successivement. Ces sinus sanguins ne constituent donc pas, par leur réunion, un réseau de petits capillaires à calibre égal sur une certaine étendue, et à ramifications régulières.

On ne leur trouve pas non plus la structure des capillaires sanguins, munis d'un endothélium recouvrant une véritable membrane vitrée, et pourvus ainsi d'une paroi propre. Jamais la couche conjonctive, qui limite immédiatement la cavité, ne diffère du tissu conjonctif profond. Les plus petites lacunes ne possèdent pas d'endothélium véritable, sauf pourtant quelques cellules adossées par places à la limite conjonctive de la cavité; par contre, on reconnaît fort bien, sur des coupes très fines et très colorées, une couche de cellules plates appliquées directement sur la paroi conjonctive des grandes lacunes et formant ainsi un endothélium par leur réunion; les lacunes de taille moyenne possèdent aussi un endothélium, mais discontinu, interrompu de place en place.

Ces éléments endothéliaux ressemblent tout à fait aux globules du sang et aux cellules conjonctives; on doit même les considérer, étant donnés les nombreux passages que l'on constate sous ce rapport et à défaut d'observations directes, comme un état intermédiaire entre les globules sanguins et les cellules conjonctives, lorsque les premiers s'appliquent contre la paroi conjonctive du sinus et la traversent pour pénétrer dans la substance fondamentale. Aussi voit-on des cellules endothéliales accolées simplement à la paroi lacunaire, d'autres enfoncées dans une sorte d'échancrure de cette paroi et envoyant des prolonge-

ments dans le tissu conjonctif, d'autres enfin plong
tissu, n'étant plus en rapport avec la cavité lacunai
une petite portion de leur surface et semblables en
cellules conjonctives.

Tous ces éléments, globules sanguins, cellules end
cellules conjonctives, ayant même origine embryon
remplaçant mutuellement pendant la vie entière, n
même structure et possèdent les mêmes propriétés.
est très mince, mais encore bien appréciable; leur p
est chargé de granulations de tailles diverses, sur les
réactifs colorants se fixent avec intensité. Ces granul
pêchent assez souvent de voir le noyau avec netteté,
distingue parfois comme un espace clair renfermant
chromatique plus ou moins condensé, très coloré et
rent. — Les formes de ces éléments sont variables. L
endothéliales sont aplaties pour la plupart, et montre
renflement médian autour du noyau. Les cellules co
sont ovalaires et munies de prolongements filiform
moins allongés; ces prolongements sont toujours a
ment colorés par les réactifs, aussi peut-on les disti
rares fibrilles connectives qui parcourent la substance
tive fondamentale; jamais ces fibrilles ne se continue
prolongements cellulaires, comme cela a été décrit r
pour quelques Mollusques gastéropodes.

Ces fibrilles connectives, peu nombreuses, très fin
rassemblées en faisceaux pourvus d'une membrane d'e
sont plongées isolément dans la substance conjoncti
gène; parfois, plusieurs se rapprochent et s'accompa
un certain trajet, mais elles ne tardent pas à se sépar

Les fibres musculaires de la face placée au-dessous
thélium externe, et celles des plans annulaires et longi
montrent aussi quelques faits intéressants. Ces fibres s
croisées en tous sens dans les trabécules de la premi
mais, lorsqu'une d'elles passe non loin d'une cavité l
elle dévie quelque peu de sa route et se place non loin
vité qu'elle contourne sur une certaine étendue; elle
ensuite sa direction primitive en plongeant de nouvea
tissu conjonctif. Ces fibres ne constituent donc jamais

sanguins de cette région une enveloppe propre, isolable, et distincte des tissus environnants.

Dans les plans musculaires, les fibres sont isolées, et plongées séparément dans une substance fondamentale qui les relie les unes aux autres. Cette substance n'est pas un ciment intercellulaire produit par les fibres elles-mêmes, comme on admet que celà existe chez les Vertébrés supérieurs pour les fibres lisses de la muqueuse intestinale, par exemple. Sa masse est ici plus grande que celle de toutes les fibres musculaires réunies, et ses caractères histologiques rappellent tout à fait ceux de la substance fondamentale du tissu conjonctif; de plus, en certains points, vers les zones sous-épithéliales, les fibres s'éloignent les unes des autres, et l'on voit alors cette matière unissante se confondre avec la substance conjonctive; toutes deux sont de même nature, et il en est peut-être de même pour le ciment « interfibraire » des vertébrés. — Mais il importe alors de connaître l'origine de cette substance unissante. En examinant de minces coupes de faisceaux musculaires, on distingue, parmi les fibres, des cellules de tissu conjonctif, et c'est à elles sans doute qu'il faut attribuer la production de cette substance fondamentale. En somme, la trame conjonctivo-musculaire du siphon des *Venus* montre les caractères du mésenchyme typique : parmi les cellules mésoblastiques, d'abord toutes semblables, les unes conservent chez l'adulte le caractère d'eléments conjonctifs susceptibles de migrations et de déplacements à travers la substance fondamentale qu'elles produisent, et les autres deviennent des fibres musculaires lisses en formant de la substance contractile.

Entre la structure des plans musculaires et celle des trabécules interlacunaires de la zone sous-épithéliale, il n'existe que des différences de quantité de fibres musculaires et d'orientation déterminée de ces fibres pour satisfaire aux fonctions de l'organe. Les fibres sont toujours isolées et plongées dans une substance fondamentale; elles sont seulement plus rapprochées dans les plans et plus éloignées dans les travées; en outre, dans les plans, elles sont d'ordinaire parallèles les unes aux autres. Mais ce parallélisme n'existe pas pour toutes, puisque certaines sont obliques et même transversales à la direction générale; ainsi même dans ces faisceaux et ces couches épaisses, où la nécessité physiologique a rapproché les fibres musculaires et augmenté leur nombre en

les orientant pour la plupart dans une direction dét
caractère mésenchymateux primitif est toujours reco
Quant à leur structure histologique propre, les fib
laires de la paroi siphonale sont longues (100 à 150
sensiblement de même calibre dans toute leur éte
vers les extrémités, bifurquées parfois. Leur petit noy
périphérique, est difficile à apercevoir avec netteté
stance, fait intéressant pour des fibres musculaires lis
visée en petites fibrilles parallèles, produisant l'aspe
longitudinales bien accentuées; ces fibrilles ne cor
pas à des illusions d'optique, puisqu'on les voit fré
en saillie sur les plans de rupture des fibres muscula
pendant les dissociations, comme l'indique la figure

La figure 7 montre une coupe longitudinale de la pa
du siphon, vue à un fort grossissement. L'épithéliun
consiste en une seule rangée de cellules cylindriques, pl
que celles de l'épithélium interne, et munies d'un n
volumineux dont le réseau chromatique est fort net;
est épais, tandis que la basale est fort mince; sous to
ports, ces cellules ressemblent beaucoup à celles de l'
interne. Mais on trouve en plus parmi elles des élém
cus, isolés pour la plupart, répartis irrégulièrement se
électives marquées, et des corps en bâtonnet; ces der
tivement nombreux, se relient par des fibrilles d'asp
lées à de volumineuses cellules situées dans la zone c
sous-jacente à l'épithélium, et anastomosées les un
autres. Cet ensemble de bâtonnets, de fibrilles et de g
lules, est fortement coloré par l'éosine hématoxylique
Bismarck.

Les grosses cellules qui, par leurs anastomoses, des
la région périphérique de la paroi siphonale et sous l'
un réseau serré, sont plongées dans le tissu conjo
membrane d'enveloppe est très mince, suffisamment
tant; leur protoplasme est chargé de granulations qui
avec intensité les réactifs colorants; leur noyau est gran
peu excentrique, muni d'un nucléole assez gros et d
chromatique. Ces cellules, dont le diamètre moyen e
80 μ, sont d'ordinaire bipolaires ou multipolaires; le

gements se dirigent vers les cellules voisines, avec lesquelles ils s'anastomosent, ou bien vont se rattacher aux corps en bâtonnet situés entre les cellules épithéliales. Les prolongements sont formés de fibrilles très fines, chargées de granulations; ils cheminent à nu dans le tissu conjonctif et ne possèdent aucune enveloppe spéciale, soit cellulaire, soit anhyste; leur trajet n'est pas direct, mais plus ou moins sinueux; enfin, ils ne possèdent pas toujours le même diamètre dans toute leur étendue et sont fréquemment variqueux. Ils se ramifient et s'anastomosent entre eux.

Les corps en bâtonnet sont allongés, variqueux, et présentent de nombreuses petites granulations; je ne leur ai point vu de noyaux. Ils se terminent un peu au-dessous du plateau épithélial, et à des hauteurs diverses pour chacun d'eux, par une extrémité renflée, arrondie ou ovalaire, munie à son sommet d'une baguette filiforme, rigide, droite ou recourbée, qui traverse le plateau et fait saillie au dehors.

En résumé, tout cet ensemble consiste en un réseau de cellules granuleuses, anastomosées les unes avec les autres, qui envoient entre les cellules épithéliales des expansions cylindriques ou claviformes terminées au-dessus du plateau par une extrémité amincie. Il semble bien que l'on a affaire ici à un réseau nerveux; les corps en bâtonnet correspondent tout à fait aux terminaisons tactiles signalées à plusieurs reprises par divers histologistes, et notamment par Flemming (7), chez les Lamellibranches. D'un autre côté, la forme et la structure des cellules, leurs différences d'aspect avec les cellules conjonctives, leurs expansions fibrillaires et leurs relations avec les corps en bâtonnet de l'épithélium, dénotent bien qu'il s'agit ici de cellules nerveuses, rassemblées en un plexus sous-épithélial, et se mettant en rapport avec les terminaisons sensitives, sans doute tactiles, situées dans l'épithélium lui-même. La présence de ce plexus et de ces terminaisons expliquent la grande sensibilité au toucher de la paroi siphonale.

Cette hypothèse répond probablement à la réalité. Le chlorure d'or, qui donne des résultats si précis pour les animaux terrestres et d'eau douce, n'en fournit aucun ici, comme du reste pour tous les animaux marins; aussi est-on obligé de se fier à la forme et aux rapports des éléments pour deviner leur vraie nature. Mais, dans le cas particulier qui m'occupe, la nature nerveuse me paraît hors de doute.

La présence d'une baguette filiforme à l'extrémité du donne aux terminaisons nerveuses du siphon des V grande ressemblance avec les éléments à cnidocils des rés; on sait, du reste, que ces éléments existent aussi che Mollusques, tels que les Eolidiens, par exemple. Un fa quable est aussi l'absence de noyaux dans les terminaiso paru en distinguer parfois, surtout vers la base des b mais c'était là un cas assez rare. Quant aux cellules d leurs rapports sont toujours très nets et très constants, l seule varie quelque peu, surtout pour celles qui pénètr les fibres de la première couche musculaire. Elles s' alors dans le sens des fibres, et, comprimées en tous sei dernières, elles envoient entre elles des crêtes d'emprei blables à celles des cellules tendineuses, par exempl duites par la même cause mécanique.

Il serait intéressant de suivre chez l'embryon la gen éléments. On sait depuis peu, par les recherches de Ko et de Sarasin, entre autres, que, contrairement aux op Bobretzky, Ussow, etc., les ganglions nerveux des M sont tous d'origine ectodermique; il doit aussi en être pour le plexus des siphons. Certaines cellules ectoderm bissent peut-être, pendant l'évolution de l'animal, des ciations particulières, et leur extrémité basilaire s'allo le tissu conjonctif sous-jacent en entraînant le noyau cette extrémité basilaire nucléée deviendrait ainsi la ce veuse, le reste de la cellule laissé entre les cellules ép serait la terminaison tactile, et le tractus unissant, qui, médiane de l'élément entier ainsi différencié, corre au nerf chargé de transmettre les sensations. Si ces fa ment hypothétiques, étaient reconnus exacts, ils do un grand poids à la théorie de Hensen sur la nature nerfs; car on verrait ici ces tractus unissants, véritab de Remak bien reconnaissables et déjà bien différen relient les éléments nerveux centraux aux terminais phériques, naître comme les éléments centraux aux dép unique cellule primordiale, et conserver toujours le de simples expansions de ces éléments centraux.

La zone conjonctive sous-jacente à l'épithélium extern

comme celle placée au-dessous de l'épithélium interne, de nombreuses lacunes séparées par des travées où courent des fibres musculaires; cette zone est plus épaisse dans l'axe des bourrelets annulaires de la paroi siphonale externe que dans le fond des sillons. Il importe de signaler, en surplus, une couche musculaire longitudinale, située, dans le fond des sillons, presque au-dessous de l'épithélium, et s'en écartant dans les bourrelets; cette couche, composée seulement de quelques fibres, se diffuse dans le tissu conjonctif axial des bourrelets, et ses éléments constitutifs se dirigent dans tous les sens.

Vers le milieu de l'épaisseur de la paroi siphonale (fig. 4), les sinus sanguins sont pour ainsi dire creusés dans les couches musculaires, tellement les fibres sont nombreuses et rapprochées. La forme des sinus est très irrégulière; ils sont pourtant orientés dans le sens des fibres de la couche qui les contient, tout en s'anastomosant les uns avec les autres et n'ayant pas l'aspect de canaux continus. — Les fibres musculaires des couches sont obligées de dévier de leur direction première lorsqu'elles rencontrent un sinus; or, non seulement elles s'écartent ainsi de leur voie normale, mais encore on constate parmi elles une tendance à se grouper le plus longtemps possible autour de la cavité sanguine et à lui former une enveloppe. Mais cette enveloppe n'est jamais propre au sinus, puisqu'elle est constituée par des fibres appartenant aux faisceaux voisins, placées sur un certain trajet autour de la paroi, puis l'abandonnant pour aller rejoindre d'autres faisceaux; le caractère de cavités lacunaires conjonctives n'est donc ici nullement modifié. Mais il est intéressant de constater une tendance à former une enveloppe vasculaire, sans que cette tendance ait pour effet de donner naissance à une paroi propre, entièrement fermée.

La paroi de l'extrémité libre des siphons, munie de ses petits tentacules, ne porte plus de bourrelets circulaires prononcés. L'épithélium qui la tapisse (fig. 14), formé de petites cellules cylindriques, renferme fort peu d'éléments à mucus et de corps en bâtonnets; la rareté relative de ces derniers vers l'extrémité libre seule est assez curieuse, car elle indique que le pourtour immédiat de l'ouverture siphonale est moins riche en terminaisons tactiles que le reste de la paroi. Souvent, les cellules épi-

théliales renferment des granulations pigmentaires ; l
toujours bien net.

La couche musculaire longitudinale, située au-
l'épithélium externe, se continue jusqu'à la naissanc
tentacules, lieu où elle cesse. Quant à la trame c
musculaire, elle ne montre plus de plans musculaire
les faisceaux s'entre-croisent dans tous les sens, et s
unes des autres de nombreuses lacunes sanguines,
et plus rares vers la base des tentacules. Ces lacune
fois subdivisées elles-mêmes par de minces filets co

En résumé, le siphon des Venus se réduit à une
jonctivo-musculaire limitée par des surfaces épithé
vers l'extrémité libre et les régions sous-jacentes a
liums, où les fibres musculaires sont entre-croisées da
divers, l'ensemble des faisceaux musculaires se
couches alternativement annulaires et longitudinales
dant avec beaucoup de régularité; la trame conjon
culaire est en outre creusée de nombreux sinus sa
présentant jamais de parois propres, et gardant touj
ractère de simples lacunes conjonctives. Les épithé
formés par des cellules cylindriques, parmi lesque
serve, en surplus, des cellules calicinales à mucus, e
en bâtonnet servant sans doute de terminaisons ta
nombreux dans l'épithélium externe que dans l'inter
faces épithéliales sont constamment recouvertes par
épais, continu et ne montrent aucun canal intercell
cun conduit, gros ou petit, servant à conduire l'ea
dans les lacunes sanguines. Ces dernières sont de n
ment limitées, du côté de l'épithélium, par le tissu
(Voir fig. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 14.)

Mais afin de contrôler ces observations et de voir s
liums des organes non érectiles offrent les mêmes ca
ceux des organes turgescents, j'ai effectué une séri
dans les palpes buccaux des *Venus*. Ces palpes sont
forme triangulaire, à côtés quelque peu curvilignes,
libre correspondant au sommet; la face inférieure
lisse, tandis que la face supérieure est striée transv

les stries correspondent à des sillons laissés entre des bourrelets épais qui parcourent la surface du palepe.

L'épithélium de la face inférieure (fig. 8) présente de petites cellules cubiques ou rectangulaires. L'épithélium de la face supérieure montre de grandes cellules cylindriques; munies pour la plupart — surtout celles du sommet et du dos des bourrelets — de cils vibratiles, et entremêlées de nombreuses cellules calicinales à mucus. Dans les deux cas, le plateau est mince, mais bien discernable, et, sauf les différences de forme, ces deux épithéliums ressemblent tout à fait, par leurs caractères histologiques et leurs rapports avec les lacunes sanguines, à l'épithélium siphonal.

La charpente conjonctivo-musculaire des palpes est analogue à celle des siphons; les fibres musculaires sont seulement plus rares et moins larges. — Les lacunes sanguines, fort nombreuses, sont de deux sortes. Les unes ont une forme irrégulière et un endothélium discontinu; les autres, arrondies ou ovalaires, munies d'une enveloppe musculaire faite de fibres empruntées au tissu conjonctif limitrophe et y retournant de nouveau, ont un trajet assez rectiligne et un diamètre assez constant sur une certaine étendue. Ces sinus sont des lacunes à trajet rectifié, et chargées de répartir le sang avec plus de régularité.

Les palpes buccaux ont été étudiés récemment par M. Thiele (20) chez un grand nombre d'espèces, et les observations faites par ce naturaliste ont été publiées au moment où je rédigeais mes recherches; cet auteur a dessiné plusieurs coupes, dont l'une (fig. 9), ressemble beaucoup à celle que j'ai représentée dans ma figure 8, bien qu'effectuée sur un type très différent (*Unio*); cette concordance démontre l'identité d'organisation des palpes chez les Lamellibranches. Cependant les observations et les figures données par Thiele ne fournissent pas des détails bien grands sur certains points spéciaux, comme la présence de cellules calicinales dans l'épithélium, le grand nombre des lacunes conjonctives, la structure de la trame conjonctivo-musculaire, etc. En outre, ce zoologiste traite, dans son travail, la question relative aux vésicules de Langer (Langer'sche Blasen), question agitée surtout entre Flemming et Kolmann, et sur laquelle Schöler (19) est aussi revenu dernièrement. S'il m'est permis de donner à mon tour mon appréciation sur un pareil sujet, je dirai



que les éléments de Langer correspondent à une i: tique, et que ces corps, décrits par erreur comme ne sont autres que les coupes d'étroites lacunes séparées les unes des autres par de minces tractu anastomosés et s'épaississant aux points d'anastomo tiennent parfois des éléments figurés, et dans lesqu lule endothéliale ou un globule sanguin attaché à été considérés à tort comme des noyaux.

II. — Bords du manteau *des Vénus (Tapes) aure* manteau des Lamellibranches ne se termine pas sur des valves par un contour aminci; au contraire, cet épaissie, plissée parfois, godronnée, et d'aspect var les types. Chez les Vénérides, cette bordure est fort bord libre des valves, le manteau s'épaissit et se te bourrelet épais divisé longitudinalement — c'est-à sens du pourtour des valves — en deux parties; parties adhère à la coquille, et on peut la nommer l pour éviter des périphrases dans cette description l'autre est libre; le sillon large et profond qui les sillon marginal — est ouvert en dehors et dirigé p au bord des valves.

La région palléale épaissie qui précède le bourr n'offre d'important que la disposition de ses fibres Les fibres sont assemblées en petits faisceaux orie plupart dans un sens radial, se terminant d'un lobes du bourrelet, et s'étendant ensuite dans la formée par le manteau sur la face interne des v s'étendent seulement pas beaucoup dans cette direc des individus traités par l'acide chromique, on le nu, semblables à de petites bandes partant des bo teau et convergeant toutes vers l'intérieur des valve ser pourtant la limite interne de la région épaissie. portant de signaler, dans les organes turgescents branches, les directions diverses des faisceaux mu faisceaux jouent en effet un rôle important. Par leur ils diminuent les dimensions de l'organe qui les r chassant le sang contenu dans les lacunes; c'est a sang ainsi chassé que s'effectue la rétraction, lorsq

tion cesse, les faisceaux musculaires retournent à leur état normal, les lacunes reprennent leur volume habituel et se remplissent de sang à nouveau. Aussi, comme on le verra dans les conclusions du présent mémoire, est-il inutile d'invoquer, à l'exemple de Fleischmann (6), pour expliquer la turgescence, la présence de sphincters, qui n'existent pas d'abord, et dont le rôle spécial n'aurait aucune raison d'être.

Le lobe adhérent du bourrelet marginal est lui-même divisé (fig. 13) en deux parties longitudinales par un sillon étroit et profond, de l'intérieur duquel s'élance une petite languette; c'est dans l'intérieur de ce sillon que s'insère la lamelle épidermique recouvrant la coquille, c'est aussi là qu'elle est produite; la substance même des valves est formée par le bord du lobe adhérent. Les épithéliums diffèrent suivant les régions. L'épithélium qui sécrète les bords de la coquille est constitué par des cellules cylindriques, à noyau allongé, à protoplasme facilement colorable; les cellules épithéliales de la languette située dans le sillon, sont petites et cubiques; les cellules de la région qui s'infléchit dans le sillon marginal, sont cylindriques, assez élevées, à noyau ovalaire, à protoplasme faiblement colorable et à plateau épais. Les caractères de ces derniers éléments épithéliaux sont aussi ceux présentés par les cellules du sillon marginal, et, en aucun cas, je n'ai vu de canaux traversant leur ensemble pour aller rejoindre les lacunes sanguines. Celles-ci, très nombreuses et de forme variable, présentent la même structure que celles des siphons; les tractus conjonctifs qui les séparent renferment des fibres musculaires surtout longitudinales ou radiales, rarement obliques.

L'épithélium du lobe libre (fig. 10) offre, suivant les régions, quelques différences de hauteur, mais, à part cette particularité, tous les autres détails de structure sont identiques partout; les cellules, cylindriques, montrent un noyau ovalaire, et sont recouvertes par un plateau fort épais; la basale est très mince. La trame conjonctivo-musculaire sous-jacente est semblable à celle du lobe adhérent.

Ainsi, *en résumé*, les bords du manteau des Venus sont recouverts par un épithélium cylindrique dont les caractères varient quelque peu suivant les régions, mais qui est constamment dé-

pourvu de pores et de canaux servant de passage au sa
extérieure. Le tissu conjonctif est criblé de nombreus
à endothélium discontinu pour la plupart, largement
sées et n'ayant aucun trajet régulier; ce tissu renfern
des fibres musculaires lisses, nombreuses, tantôt iso
rassemblées en faisceaux, et dirigées presque toutes
tudinalement, soit radialement, c'est-à-dire dans les
tions principales suivant lesquelles l'organe augmen
nue ses dimensions. (Voir fig. 10, 12, 13.)

III. — SIPHONS *des Mya arenaria* L. — Les individ
servi à ces recherches provenaient du Laboratoire de
faisaient partie des envois hebdomadaires d'animaux
vants, reçus pendant toute l'année, grâce à M. le Profe
Lacaze-Duthiers par le laboratoire de zoologie de la F
sciences de Toulouse.

On sait que les siphons des Myes sont uniques, ou
paraissent tels d'après leur aspect extérieur, tandis qu
ils sont formés de deux canaux accolés comme les ca
fusil double, et séparés par une cloison médiane; la figu
exactement compte de leur structure, avec cette rés
tant que la paroi siphonale est environ deux fois pl
à cause de la contraction amenée par les réactifs, q
réalité des faits. La paroi et la cloison médiane sont c
par une trame conjonctivo-musculaire percée de non
nus sanguins, et limitée en dehors et en dedans pa
faces épithéliales; parmi les sinus, deux, plus larg
autres et à trajet plus direct, présentant parfois trois
millimètres de diamètre (le siphon des Myes offre en
15 centimètres de longueur sur 15 à 20 millimètres de
sont situées vers les deux régions d'accollement de la cl
diane avec la paroi siphonale externe; ces sinus joue
cipal rôle dans l'irrigation sanguine de la paroi sipho

La paroi siphonale est recouverte en dehors par u
couche de cuticule, simple prolongement de l'épiderm
laire qui, sécrété par les bords libres du manteau, tapi
externe de la coquille des Lamellibranches; la membra
laire des siphons est ici produite par l'épithélium sip
terne, et cette formation n'a rien qui doive étonner, p

siphons sont des dépendances du manteau ; il est donc permis aux épithéliums respectifs de ces deux régions d'avoir des propriétés semblables. Cette couche forme une membrane protectrice solide et résistante, recouverte de corps étrangers qui lui donnent par places une couleur brunâtre ou noirâtre ; lorsque le siphon s'étale, l'enveloppe fait de même, et apparaît comme une membrane aplanie ; lorsque, par contre, le siphon se rétracte, la membrane, n'étant pas très élastique, se plisse transversalement pour suivre la contraction, et même ses assises les plus externes se divisent en petites écailles qui se desquament parfois. Cette perte est compensée par la production profonde de nouvelle substance.

D'une manière générale, les siphons des Myes présentent une plus grande complexité de structure que ceux des Venus. Ils sont recouverts en dehors par une enveloppe protectrice. Certains de leurs sinus sanguins sont très larges, et conservent à peu de choses près le même calibre sur une certaine étendue, tandis que, chez les Venus, les canaux sanguins de la paroi siphonale sont anastomosés en un lacis inextricable. Les Myes montrent donc, comme structure et disposition de l'appareil circulatoire, un état supérieur à celui des Venus ; et cet état est justifié par l'énorme extension que prennent leurs siphons, de beaucoup plus considérable que chez les Vénérides ; il était nécessaire que le sang circule avec aisance et rapidité dans toute la paroi, et les volumineux canaux sanguins régularisés permettent d'arriver à ce résultat.

Par contre, la trame conjonctivo-musculaire est tout à fait semblable, par son organisation, à celle des siphons des Venus ; on y trouve la même curieuse orientation des faisceaux musculaires, les uns annulaires, les autres longitudinaux, rassemblés en couches emboîtées les unes dans les autres, et se succédant avec beaucoup de régularité, une couche annulaire faisant suite à une couche longitudinale, etc. (fig. 28 et 29). Il est du reste probable que cette structure fondamentale existe chez tous les Lamellibranches siphonés, et présente seulement, suivant les types, quelques variations accessoires d'épaisseur et de disposition.

Chez les Venus, l'ensemble des couches annulaires et celui des couches longitudinales ont à peu près la même importance. Il n'en est pas ainsi chez les Myes, dont les couches longitudinales

sont de beaucoup les plus épaisses; ceci se conçoit puisque, relativement aux Vénérides et toutes propor dées, leurs siphons augmentent plus de dimension da de la longueur que dans celui de la largeur — Mais trer dans des détails aussi minutieux et circonstanciés les Venus, on peut reconnaître en général, sur des co paroi siphonale des Myes, et au-dessous de l'épithél rieur, une couche conjonctive, assez épaisse, creusé sinus sanguins, et renfermant des faisceaux musculai nombreux qu'ailleurs et plus espacés; ces faisceaux, do sont obliques, les autres annulaires ou longitudinaux tre-croisés dans tous les sens. Au-dessous de l'épith terne, qui limite la cavité siphonale, est placée une co logue, mais dont les lacunes ont un diamètre plus con et dont les faisceaux, au lieu de s'entre-croiser en un gulier, sont disposés en plans presque distincts.

Entre ces deux zones extrêmes sont intercalées qua assises principales (fig. 28 et 29), savoir, en allant de dedans, et partant de la couche sous-jacente à l'épith terne : une épaisse bande de faisceaux annulaires, larges sinus sanguins; une épaisse couche de faisceau laires longitudinaux; une zone présentant deux plan ceaux, les uns annulaires, les autres longitudinaux autour de sinus sanguins; enfin, une large bande con une alternance régulière de petits plans musculaires et l naux, entremêlés parfois, et laissant entre eux de no petites lacunes. Cette dernière bande se rattache à l située au-dessous de l'épithélium interne.

Cette structure, on le voit, correspond dans son er celle signalée chez les Venus; les Myes montrent seule plus grande abondance de fibres musculaires longitu de plans alternativement superposés. De même que chez l il existe aussi des faisceaux musculaires transverses, a pendiculairement d'une paroi à l'autre; de même encor adhérente est plus épaisse, plus riche en faisceaux longi que les autres régions siphonales, et, vers l'extrémit stratification des plans musculaires disparaît. Enfin, l variations locales de structure se produisent chez les My chez les Venus.

La musculature offre, dans la cloison médiane du siphon, une distinction en couches superposées, semblable à celle déjà signalée pour la paroi proprement dite. Au-dessous de chacune des deux assises épithéliales, qui limitent en partie les deux cavités siphonales, est une zone à fibres musculaires entre-croisées et à larges sinus sanguins; puis, entre ces deux zones extrêmes, sont placées d'ordinaire trois couches intermédiaires, deux externes longitudinales et une médiane formée de fibres qui correspondent par leur orientation aux fibres annulaires de la paroi externe des siphons, mais sont ici horizontales si l'on suppose le siphon dressé, car la cloison est une lame plane et non une membrane ployée en cylindre.

Dans la figure 31 sont représentés, à un fort grossissement, les détails de structure de la partie externe de la paroi siphonale, c'est-à-dire de l'épithélium externe, de la cuticule qu'il sécrète et qui le recouvre, enfin de la trame conjonctivo-musculaire sous-jacente; la coupe dessinée a été pratiquée vers le milieu de la longueur du siphon.

L'épithélium externe est formé de petites cellules cylindriques (20 μ environ de longueur), à noyau ovalaire peu apparent, groupées côte à côte en une seule rangée et ne présentant entre elles aucune cellule calicinale à mucus; je n'ai vu que très rarement des éléments un peu plus larges que les autres, et dont une partie du contenu était hyaline. Par contre, il est assez fréquent de trouver des cellules épithéliales chargées de granulations pigmentaires; ces granulations, de couleur brunâtre, empêchent, lorsqu'elles existent, d'apercevoir le noyau. Les cellules pigmentées sont d'ordinaire groupées en petits îlots assez nettement circonscrits, frangés sur les bords, et donnant au siphon sa couleur brune. — Le plateau et la basale sont très minces; tous les éléments sont serrés les uns contre les autres, et ne laissent entre eux aucun pore intercellulaire, aucun espace ouvert en dehors d'un côté et dans les lacunes sanguines de l'autre. Du reste, dans le cas particulier des Myes, de pareils conduits existeraient-ils, que l'eau ne pourrait pénétrer dans le système circulatoire, puisque l'épithélium est recouvert par une épaisse cuticule compacte, qui opposerait à l'eau une barrière infranchissable.

L'épaisseur de cette couche cuticulaire varie suiv gions; elle égale, en moyenne, de un tiers à un cir millimètre. La face interne de la cuticule est en rapport l'épithélium externe et repose sur le plateau; l'actio tifs la fait pourtant se détacher par places. Sa face libre, baignée par l'eau ambiante; elle est diversen frangée, déchiquetée même, et colorée en noir ou er les impuretés qui s'y accolent; aussi, sur les coupes, face se montre-t-elle comme une mince ligne noire cuticule en dehors. Pourtant, sur les figures 28 et une assez grande épaisseur de cuticule teintée en brur aspect n'existe pas dans la réalité, et provient de ce qu ainsi représentées étaient regardées avec un faible gros tous les petits plis externes, à surface noire, se proje sur le même plan optique, de manière à produir d'une large zone foncée.

La substance de la cuticule est homogène, compact vue d'éléments figurés; elle renferme des petits grain breux, qui semblent avoir la même structure qu'elle, se comportent de même vis-à-vis des réactifs. On disti des stries parallèles à la surface de l'épithélium, et perpendiculaires ou obliques à cette surface, toutes é ment prononcées; la cuticule se laisse diviser, par di en strates superposés correspondant aux stries parall férenciées elles-mêmes en faisceaux fibrillaires irrég entre-croisés, qui dessinent sur les coupes les stries p laires et obliques. La substance cuticulaire absorbe d'intensité les réactifs colorants; le picro-carmin la jaune, l'éosine hématoxylique en violet, le carmin a rose clair, les couleurs d'aniline lui donnent leur teir mais toujours assez faible.

Au-dessous de l'épithélium externe est située une mi de fibres musculaires annulaires, suivie par l'épaisse signalée ci-dessus. La trame conjonctivo-musculair zone n'offre rien de bien important; les fibres mu sont fort nombreuses et serrées les unes contre les telle sorte que la place laissée au tissu conjonctif prop est très réduite; les cellules conjonctives ressemble des Venus. De même que chez ces dernières, les lac

guines ont l'aspect de poches plus ou moins vastes, quelque peu allongées dans le sens de la longueur du siphon, et largement anastomosées entre elles. Leurs parois sont entourées de faisceaux musculaires; mais, contrairement à ce qu'il en est pour les Venus, ces faisceaux ne prennent pas une direction transversale par rapport au grand axe du sinus. Les canaux sanguins sont d'ordinaire entourés chacun par plusieurs faisceaux de directions diverses et entre-croisées dans tous les sens; ces canaux apparaissent ainsi comme des espaces vides laissés entre les faisceaux musculaires, et dont l'aspect, la forme, la disposition varient suivant la manière d'être et les rapports mutuels des faisceaux. De plus, chacun de ces derniers ne persiste pas autour du même conduit sanguin pour lui constituer une paroi propre; au contraire, les bandes musculaires divergent dans toutes les directions, toujours plongées dans la substance conjonctive, et concourent à limiter en partie plusieurs lacunes. Les canaux sanguins du siphon des Myes sont, en effet, par tous leurs caractères, de vraies lacunes, puisque elles n'ont pas de paroi propre, distincte des tissus environnants, et ne montrent pas de trajet bien régularisé; elles possèdent pour la plupart un endothélium, interrompu par places, et dont les éléments ressemblent aux cellules conjonctives et aux globules du sang.

Cette structure existe même chez les gros sinus des régions d'accollement (fig. 25). La paroi conjonctive de ces sinus, qui ont pourtant un trajet et un calibre presque réguliers, renferme de nombreux faisceaux musculaires, les uns annulaires, d'autres longitudinaux ou obliques, provenant des régions environnantes, se plaçant autour de la cavité sanguine sur une certaine étendue, puis les quittant pour se perdre de nouveau parmi les autres faisceaux de la trame conjonctivo-musculaire. La couche endothéliale paraît être continue.

Quant aux fibres musculaires de ces faisceaux, qui parcourent toute la paroi siphonale, elles sont lisses et fort longues, puisque j'en ai mesuré qui comptaient *trois* millimètres de longueur. Leur région moyenne, assez large, à bords quelque peu frangés, renferme un petit noyau; la fibre s'amincit peu à peu vers ses deux extrémités, devient ensuite filiforme, et se termine en pointe; la substance contractile est faiblement striée en longueur.

Vers la base adhérente du siphon (fig. 30), l'épithélium ex-

terne, toujours revêtu de la cuticule qu'il sécrète, e
petites cellules cubiques, ayant à peine 5 à 6 μ dans to

Dans la figure 26 sont représentés les détails de s
un fort grossissement, de la paroi interne, qui limit
siphonale. L'épithélium est formé de petites cellules cy
ne sécrétant aucune couche cuticulaire, et munies c
plateau ; elles ne présentent entre elles aucun condu
lulaire. Le tissu conjonctif avec ses lacunes et les faisc
culaires, placés au milieu de l'épithélium, offrent une
tion semblable à celle déjà signalée dans l'étude de
externe. — Les mêmes détails sont applicables à la cl
diane du siphon.

En résumé, le siphon des Myes est constitué par
conjonctivo-musculaire que limitent deux surfaces ép
L'épithélium externe sécrète, comme les bords du ma
épiderme cuticulaire, et est dépourvu de canaux serv
sage à l'eau pour pénétrer dans les canaux sanguins
de même pour l'épithélium interne. Les faisceaux m
de la trame sont disposés en couches longitudinales
laires alternant régulièrement ; les canaux sanguins lai
eux sont de vraies lacunes conjonctives, ne possédant
veloppes musculaires ou conjonctives propres et n'aya
communication avec l'extérieur. — Dans ses traits gén
comme structure histologique, le siphon des Myes r
tout à fait à celui des Venus. (Voir figures 25, 26, 27
30, 31, 32.)

IV. — Tentacules palléaux des *Lima inflata* Chemn. -
libre du manteau des Limes offre une structure très c
au lieu de s'épaissir en un simple bourrelet marginal
chez les *Venus* et la plupart des autres Lamellibranches,
sur le pourtour de chaque valve, un repli volumineux
de lame élevée et perpendiculaire au plan du reste du r
Aussi, lorsque l'animal entr'ouvre sa coquille, ce repli
en surplombant dans l'espace laissé entre les deux v
tend à le restreindre le plus possible. De plus, sur l
mêmes du manteau, et en dehors du repli, sont insérés

breux tentacules disposés en cinq ou six rangées, et de tailles différentes, les plus internes étant les plus petits; au moment où l'animal s'étale, ces tentacules, encore nommés cirrhes par divers conchyliologistes (bien à tort, car le mot « cirrhe » a une acceptation déterminée en zoologie, chez les Annelés), très courts et coniques lorsqu'ils sont rétractés, s'allongent considérablement, prennent une forme cylindrique, et s'irradient tout autour de la coquille. — Il était donc intéressant de rechercher si ces organes, qui subissent de grandes variations de volume, possèdent des pores laissant pénétrer l'eau extérieure.

En examinant à l'œil nu un tentacule étalé, on le voit formé par une série de petits bourrelets sphériques séparés les uns des autres par des étranglements, à la manière des grains d'un chapelet; lorsque le tentacule se contracte, les bourrelets s'élargissent aux dépens de leur longueur, se rapprochent en faisant disparaître les étranglements, et le tentacule se raccourcit ainsi d'une manière bien différente de celle admise par Deshayes, qui pensait que les diverses régions rentraient les unes dans les autres comme les tubes d'une lunette. Vus avec un faible grossissement, les bourrelets paraissent à peu près sphériques, plus larges cependant à une extrémité qu'à une autre, ce qui leur donne parfois une apparence conique; les parties rétrécies, qui correspondent aux étranglements, sont cylindriques, et deux ou trois fois plus courtes que les bourrelets.

A l'aide de coupes transversales et longitudinales, on se rend bien compte des dissemblances de structure qui amènent ces diversités d'aspect extérieur. Le tentacule se réduit en somme à une couche épithéliale limitant une trame conjonctivo-musculaire; celle-ci est disposée en tractus étroits qui entourent de larges sinus sanguins, orientés dans le sens de la longueur du tentacule; l'aspect de cette trame est le même dans les bourrelets et les étranglements; les sinus et leurs parois s'y continuent des uns aux autres sans changer de structure ni augmenter de volume; l'épithélium externe diffère seul. Dans les parties étranglées, cet épithélium est constitué par de petites cellules cubiques. Par contre, l'épithélium des bourrelets montre des cellules cylindriques très élevées, ce qui explique la plus grande largeur de ces régions. Ces cellules ont un aspect particulier;

recouvertes par un plateau très épais, elles renferme plupart des concrétions volumineuses, et sont entière ronnées, depuis le plateau jusqu'à la basale, par une bien nette, distincte de la membrane cellulaire propre qui leur constituent à chacune une enveloppe cap: Une telle organisation mérite un examen approfon ne peut faire sur des coupes où l'on voit seulement l des éléments entre eux et rien de plus, mais bien sur ciations.

Dans la figure 20, ont été dessinés tous les élém par la dissociation de l'épithélium d'un bourrelet. O côté de rares cellules ordinaires d'épithélium cylind cellules contenant un ou plusieurs nodules réfring éléments à concrétion volumineuse signalés ci-dessu niers sont les plus nombreux. Dans le liquide de la p nagent des débris de capsules; les membranes cap détachent avec facilité des éléments qu'elles entour trouve-t-on d'ordinaire ces éléments nus et dépouill enveloppe. En revanche, on voit souvent plusieur accolées ensemble en une sorte de feutrage, dont les conscrivent les alvéoles où les cellules étaient cont deux faits indiquent que les capsules sont toutes s unes aux autres, et qu'elles adhèrent fort peu à la cellules.

Les éléments à concrétion ont une forme spécial crétion est unique, volumineuse; aussi la région cell la contient est-elle très large, et son diamètre est-il é ou six fois en moyenne celui des autres parties de cette augmentation de largeur est déterminée par la sence de la concrétion. Cette dernière est réfringente homogène le plus souvent; l'acide osmique la color jaunâtre assez clair, le picro-carmin en jaune orang hématoxylique en violet clair, le carmin acétique foncé; les couleurs d'aniline sont absorbées avec in ne s'agit donc ici ni de pelotes de mucus, ni d'ama stances graisseuses, et ni de composés calcaires, puisqu sont sans action. La concrétion est d'ordinaire plac partie périphérique de la cellule, immédiatement au-d plateau; sa présence divise ainsi la cellule en deux rég

externe très large, renfermant la concrétion, et une profonde, étroite et allongée.

Le plateau est très épais; il offre en outre ceci de spécial que les réactifs colorants agissent très fortement sur lui, le colorent autant que la concrétion, et parfois même davantage (éosine hématoxylique); sa substance est homogène. Il tombe avec facilité, aussi beaucoup de cellules en sont-elles dépourvues par le fait de la dissociation; en somme, ses caractères histologiques rappellent assez ceux de la concrétion qu'il recouvre. Cette dernière remplit à elle seule presque toute la région périphérique de la cellule, et n'y laisse qu'un mince tractus protoplasmique étendu du plateau à la région basilaire. La concrétion est toujours nettement limitée et ne se confond jamais avec le protoplasme dans lequel elle s'enfonce inférieurement, et s'enchâsse comme dans une cupule; elle est homogène d'ordinaire, mais parfois on distingue dans son intérieur des stries à peine appréciables qui paraissent découper de petits nodules; il semble même parfois qu'elle est constituée par un amas de petites concrétions secondaires, plus ou moins bien fondues et fusionnées les unes avec les autres. On verra plus loin que cette apparence répond à la réalité.

La région profonde, étroite, de la cellule, est fort longue; elle contient un protoplasme granuleux, dont les granulations paraissent disposées en séries longitudinales; à plusieurs reprises j'ai vu, sur des dissociations, la base même de la cellule se diviser en quelques rameaux fort courts, granuleux, s'insérant sur la basale. — La région profonde des éléments à concrétion renferme souvent des nodules ovoïdes ou arrondis, tantôt isolés, tantôt superposés au nombre de trois ou quatre dans une seule cellule, et assez larges, de manière à produire des renflements sur la paroi; ils adhèrent fortement à la capsule, de telle sorte que, sur les coupes et les dissociations, il n'est pas rare de voir le protoplasme entièrement détaché et laissant vide la place qu'il occupait, tandis que les nodules restent accolés à la membrane capsulaire. — Il semble qu'il existe deux sortes de « nodules basilaires »; les uns, de beaucoup plus nombreux, montrent tous les caractères de la grosse concrétion, sont colorés en brun clair par l'acide osmique et absorbent avec intensité les couleurs d'aniline; ces réactifs agissent moins fortement sur les autres

dont la substance ressemble fort à celle du protopl
ronnant, et qui renferment quelques granulations
colorables. Ces derniers correspondent peut-être
noyaux des cellules; leur petit nombre, chaque c
montrant qu'un seul d'ordinaire, leur aspect, leur
paraissent bien indiquer qu'il en est ainsi. Les pre
contre, sont de véritables concrétions semblables à c
mineuse de la périphérie, prenant naissance dans
basilaire de la cellule, et n'atteignant jamais une f
aussi doit-on leur réserver le nom de nodules basi
opposition aux véritables noyaux mentionnés ci-
verra plus loin, du reste, que la grosse concrétion
en aggrégat de petits nodules accolés; les éléments j
sèdent des nodules en nombre variable dans toute le
ceux de la région périphérique augmentent seuls e
et s'accolent pour former la volumineuse concrétion,
les autres restent isolés. — La substance de la plup
dules basilaires est homogène; certains d'entre e
renferment plusieurs petits corpuscules réfringents,
amas de fines granulations. Mais cette particularité
à leur donner le caractère de noyaux cellulaires
puisque leur substance est semblable à celle de la
externe, et, de plus, parfaitement homogène chez
en outre, la présence dans dans une seule cellule de
noyaux superposés et placés à la file serait tout à f
dinaire.

Les éléments à concrétion sont les plus remarqu
ceux qui nagent dans le liquide de la préparation; c
côté d'eux, on en voit d'autres, plus rares, semblabl
lules ordinaires d'épithélium cylindrique, et on suit r
les transitions entre ces dernières et les éléments à c
Cette série est tellement nette que l'on peut admettre,
de se tromper, que les éléments à concrétions dériv
lules épithéliales ordinaires par l'apparition dans cell
dules qui restent isolées dans les régions basilaires
se multiplient par contre et se fusionnent dans les r
phériques pour produire les grosses concrétions. I
montre les principaux détails de cette évolution.

Les éléments primitifs correspondent à la lettre *a*; il

gés (70 μ environ), relativement étroits, quelque peu élargis par la périphérie et amincis à leur base ; ils portent un plateau épais, facilement colorable, et renferment un protoplasma granuleux ; ils contiennent un noyau, qui ne tarde pas à être accompagné de quelques nodules (*b*, *c*). Les nodules qui apparaissent ensuite, généralement ovalaires et tous de même taille (leur grand axe mesure en moyenne 5 μ), sont d'abord plongées isolément au sein du protoplasma cellulaire ; leur nombre augmente dans la région externe de la cellule, qui s'élargit par cela même ; ils se rapprochent les uns des autres, se touchent par leurs bords (*d*, *e*), et finalement se fusionnent en un corps volumineux (30 μ environ, pour le plus grand axe), où l'on reconnaît d'abord les traces de la fusion (*e*), mais où ces traces disparaissent peu à peu (*f*). Ainsi, la grosse concrétion, qui emplit la région périphérique de la cellule, ne provient pas d'un seul nodule en voie d'accroissement, mais est fournie au contraire par la réunion d'un grand nombre de nodules, d'abord épars dans le protoplasma lorsqu'ils sont en faible quantité, et se fusionnant lorsqu'il deviennent plus nombreux.

Du reste, on retrouve les traces de cette origine en examinant des concrétions brisées ; les plans de rupture ne sont pas anguleux, mais arrondis au contraire, découpés en petites surfaces saillantes plus ou moins sphériques, correspondant chacune au bord d'un des nodules constitutifs (*h*). Parfois même, des concrétions entières laissent deviner dans leur intérieur les contours de certains nodules, et, parfois, l'aspect de ces nodules tendrait à les faire considérer comme des noyaux (*i*), ce qui n'est pas. Enfin, plusieurs concrétions montrent cette origine d'une manière encore plus nette, car les nodules ne se sont pas fusionnés, et l'ensemble apparaît comme un amas de corpuscules plus ou moins volumineux (*k*, *l*).

Quant aux capsules, leur forme ne peut guère être être bien appréciée que sur des coupes, car elles se brisent et se détachent avec facilité des cellules qu'elles contiennent. Leur substance, difficilement colorable, renferme un grand nombre de petits granules plongés dans une substance fondamentale ; ces deux éléments se comportent de même vis-à-vis des réactifs, paraissent être ainsi de même nature, et sont à peine colorés en rose fort pâle par le picro-carmin.

La figure 18 représente une coupe longitudinale d'un tentacule; on y voit que la différence d'épaisseur lets et des étranglements est seulement due à la di hauteur des épithéliums de ces deux régions; les t jacents sont à peine intéressés, et tout au plus pourra tionner, vers le milieu du bourrelet, une légère ext la basale. L'épithélium des étranglements est form cellules cylindriques (15 μ de longueur), munies ch noyau bien net; il passe peu à peu à l'épithélium de par l'augmentation des cellules en largeur, l'apparit sules et celle des concrétions. — L'épithélium des renferme tous les éléments étudiés ci-dessus, entou membranes capsulaires, et possédant pour la plupart tions périphériques; comme ces concrétions sont trè rasoir les rencontre à divers niveaux, et leur aspect su est très variable.

On aperçoit les capsules, et avec plus de netteté, su transversales (fig. 17, 19, 23), comme des traits fi peu sinueux, dirigés radialement du plateau vers sur des coupes épaisses, on les voit entourer tous l cellulaires, et former, comme les dissociations l'indiq un véritable réseau dans les mailles duquel la subs laire est renfermée; les coupes tangentielles rendent compte de cette structure (fig. 15). Les parois capsul tomosent les unes avec les autres en un lacis assez ré l'intérieur duquel on reconnaît, suivant la hauteur coupe a été pratiquée, soit le protoplasme granul nodules de la base des cellules, soit la grosse con phérique accompagnée du mince tractus protoplasm de la région basilaire à la région située sous le plat minant avec un fort grossissement les coupes des p laires, on n'y reconnaît aucune trace de fusion in cette paroi est double, une moitié appartenant à la c d'un côté de la paroi, l'autre moitié à la cellule plac côté. Il en serait forcément ainsi si chaque cellule une paroi capsulaire distincte de celles des cellul toutes les cellules ainsi produites se borneraient à s' resterait sur les coupes des traces de cet accolem

n'est pas; la paroi capsulaire située entre deux cellules voisines est unique, et non double; ce fait permet de croire que, les cellules épithéliales étant juxtaposées, chacune d'elle produit de la substance capsulaire, qui s'unit intimement à celle formée par les cellules environnantes, de manière à ne constituer que des parois simples, communes à tous les éléments cellulaires qu'elles entourent.

Le nom de *capsule* employé ici n'implique aucune ressemblance avec la capsule des cellules cartilagineuses, et n'a été donné que pour caractériser par un seul mot la disposition et l'aspect de cette enveloppe des cellules épithéliales. La capsule cartilagineuse est une simple différenciation moléculaire de la substance fondamentale du cartilage; la capsule dont il est question ici est une production épithéliale, comparable à une basale qui, au lieu de prendre naissance aux dépens de la base seule des cellules, est produite par la périphérie entière de l'élément cellulaire. — Il est certainement curieux de voir une gaîne capsulaire autour de chaque cellule épithéliale; mais les progrès de l'histologie nous montrent tous les jours combien les tissus, et surtout les tissus épithéliaux, sont susceptibles de différenciations diverses. Cette capsule n'est guère assimilable à une membrane cellulaire épaissie; une membrane cellulaire est d'ordinaire assez adhérente au protoplasme sous-jacent, et ce n'est pas ici le cas; elle n'a de même aucun rapport avec le ciment intercellulaire qui accole les éléments épithéliaux, puisque ce dernier, excessivement mince du reste, est en grande partie dissous par l'eau ou les chromates dilués, fait qui n'arrive jamais pour les gaînes capsulaires. — S'il était permis de chercher ici une relation quelconque, on pourrait considérer les capsules des tentacules de Limes comme des gaînes cuticulaires propres à chaque cellule et l'enveloppant en entier, semblables ainsi à la cuticule qui entoure le corps des Infusoires, corps que nous savons correspondre à une seule cellule. C'est là une assimilation bien lointaine, mais elle sert pourtant à mieux faire apprécier la nature et la valeur morphologique de cette gaîne, absolument comme l'existence d'une bouche chez les Infusoires nous permet de mieux comprendre l'organisation des cellules calicinales à mucus.

— Quel est le rôle probable de ces éléments? Je l'ignore. Leur

forme et leur structure, la présence d'un plateau é|
nombreux nodules d'une nature spéciale, ne prouven
en faveur de fonctions nerveuses; de plus, malgré d
ches attentives et répétées souvent, je n'ai jamais vu
ganglionnaire ni de rameaux nerveux, comme il en e
la paroi siphonale des *Venus*, par exemple. Les tent
Limes sont sensibles pourtant, et cette sensibilité tactil
de préférence par la surface des bourrelets, bien qu'elle
obtuse. — Dans tous les cas, jamais l'épithélium des l
et des étranglements n'est percé de pores faisant com
les lacunes sanguines du tentacule avec l'extérieur.

La trame conjonctivo-musculaire est formée ici, con
tous les organes turgescents des Lamellibranches, pa
vées limitant de vastes sinus sanguins et renfermant
breux faisceaux musculaires. Les fibres musculaires so
et très longues; la plupart d'entre elles sont rassem
faisceaux longitudinaux, qui s'attachent d'un côté à la
bourrelets, dans la région où ces derniers se joignent a
glements, et s'irradient de l'autre dans toute la partie
et supérieure de ces bourrelets. Les fibres sont inséré
basale de l'épithélium qui, au lieu d'être plane et uni
des séries d'infractuosités propres à rendre plus forte l'a
des fibres. Ces faisceaux longitudinaux, placés ainsi au
de l'épithélium, ont pour effet de raccourcir les bour
augmentant leur largeur. — L'intérieur même du tent
divisé en cinq ou six grands sinus par de minces trav
jonctivo-musculaires, plus épaisses par places; les fais
ces travées sont surtout longitudinaux, mais il en exi
de transverses et d'obliques, qui s'entre-croisent dans t
directions sans aucune régularité, et parcourent les tr
se rendant de la paroi d'un sinus à celle d'un autre sinu
les cavités sanguines des tentacules de Limes n'ont pas
veloppe musculaire propre; leur trajet lui-même n'est p
tant depuis la base jusqu'au sommet du tentacule; elle
tomosent dans tous les sens, présentent tout l'aspect de
conjonctives allongées, à grand axe dirigé parallèlement
gueur du tentacule, et n'offrent nullement les caractère
ritables vaisseaux clos. Leur paroi porte des cellules

semblables aux globules du sang et aux cellules conjonctives; ces cellules plates forment par leur réunion une couche endothéliale discontinue.

En résumé, les tentacules des Limes, formés chacun par une série de bourrelets séparés par des étranglements, sont constitués par un épithélium extérieur entourant une trame conjonctivo-musculaire creusée de larges sinus sanguins; la plupart des faisceaux musculaires sont longitudinaux et ont pour effet de raccourcir es tentacules. L'épithélium des étranglements n'offre rien de remarquable; ses cellules sont très peu élevées. Par contre, le cellules épithéliales des bourrelets sont très longues, recouvertes par un épais plateau, et entourées par une gaîne capsulaire; ces gaînes s'unissent en un réseau, dans les mailles duquel sont situées les cellules. En outre, la plupart de ces dernières renferment des nodules d'une structure spéciale, qui ne sont ni des amas de mucus, ni des amas de substances grasses, ni des composés calcaires, absorbant avec intensité les réactifs colorants et fusionnés, dans la région externe des cellules, en une une concrétion volumineuse. L'épithélium des bourrelets, comme celui des étranglements, ne possède point d'ouvertures destinées à faire communiquer les cavités sanguines avec l'extérieur. (Voir fig. 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23.)

§ 3.

De l'ensemble des faits qui viennent d'être exposés, on peut tirer des conclusions de deux sortes; les unes relatives à la structure même de l'appareil circulatoire et à sa valeur morphologique, les autres au mécanisme de la turgescence des organes susceptibles d'accroître leur volume.

I. — Les opinions ont longtemps différé sur la première de ces deux questions; Langer, Keber, et quelques autres naturalistes, soutenaient autrefois que les canaux sanguins des Lamellibranches sont de véritables vaisseaux clos allant s'ouvrir dans un réseau de capillaires; par contre H. Milne-Edwards admettait que ces canaux sont de vraies lacunes creusées dans le tissu conjonctif. Cet avis a d'abord été adopté par les zoologistes fran-

çais, puis par la plupart des allemands, et paraît av
moment l'approbation générale.

Il importe seulement de préciser, si possible, avec le
histologiques actuelles, cette question du système lacu
Mollusques. M. le professeur A. Sabatier, dans sa bel
graphie de la Moule, admet l'existence d'artères et d
de capillaires vasculaires, et de capillaires lacunaires
ou lacunes véritables, ne possèdent pas de couche en
sur la paroi conjonctive; les capillaires vasculaires, pa
sont munis d'une couche d'endothélium. Il en est de m
les artères et les veines, canaux d'un plus grand calib
capillaires, et à trajet assez régulier, surtout pour le
seulement, celles-ci sont pourvues d'une enveloppe m
tandis que les veines n'en portent pas, mais cette e
musculaire des artères est formée de fibres croisées
les sens, de sorte que l'on isole très difficilement ces v
La grande autorité de M. le professeur Sabatier sur
questions qui touchent à l'appareil circulatoire, don
faits une haute importance; on voit qu'il s'agit là d
creusés dans le tissu conjonctif, dont le parcours est
régulier, dont le calibre subit des variations plus ou m
sidérables, et dépourvus de parois musculaires pro
somme, ce sont là de simples trajets sanguins creusé
trame conjonctivo-musculaire. Seulement, autour d
les plus importants, de ceux chargés de recevoir le s
du cœur, et de le transmettre sous une certaine pressi
les organes, des fibres musculaires se rassemblent en as
nombre, et constituent une enveloppe; mais cette e
n'est pas particulière au vaisseau, ces fibres provien
tissus environnants et y retournent après avoir entouré
certaine étendue la limite vasculaire; aussi n'est-elle pa
comme celle des véritables vaisseaux clos, dont les fib
culaires leur appartiennent en propre, et n'ont aucu
avec les tissus voisins.

Les recherches de M. Flemming (7) corroborent à
égards celles de M. Sabatier; le savant professeur all
démontré l'existence d'un endothélium dans la plupa
cunes sanguines, et a étudié en outre la structure
le sang est constitué par un plasma renfermant des

doués de mouvements amœboïdes, semblables en tout aux globules de la lymphe des Vertébrés.

Enfin, les séries de coupes successives que j'ai pratiquées dans les organes turgescents, et dans certains autres organes tels que les palpes buccaux des Venus, m'ont démontré que les canaux sanguins des Lamellibranches ressemblent à ceux des Tuniciers, dont j'ai exposé la structure dans quelques mémoires antérieurs à celui-ci. Les dernières ramifications de l'appareil circulatoire sont des cavités de forme irrégulière, creusées dans le tissu conjonctif; l'aspect de ces cavités a déjà été figuré d'après des injections par Sabatier et Flemming; elles s'anastomosent largement les unes avec les autres, fait également démontré par les séries de coupes successives, et leur ensemble constitue un réseau à grandes mailles et à travées étroites (les mailles correspondant aux canaux sanguins eux-mêmes, et les travées aux bandes de tissu conjonctif laissées entre eux pour les séparer). En somme, un tel réseau constitue à lui seul tout l'appareil circulatoire des Lamellibranches; les gros canaux, fréquemment nommés artères, ne sont pas autre chose que des portions de ce réseau, à calibre plus ou moins élargi, à trajet presque régulier, servant ainsi à conduire le sang avec plus de vitesse et en plus grande abondance que ne le ferait un lacis de conduits plus étroits. C'est la nécessité physiologique de répartir le sang avec rapidité dans les diverses régions de l'organisme, sans qu'il circule dans des sortes de *rete mirabile* lacunaires où il irait plus lentement et où il se désoxygènerait en partie, qui a déterminé, avec la régularité sur une certaine étendue de leurs ramifications et de leur trajet, l'élargissement de certains canaux. Ces canaux principaux se mettent en rapport sur leur parcours et à leur extrémité avec d'autres canaux semblables à eux, et se réunissent, par leur intermédiaire, au réseau lacunaire des organes. Mais, de même que pour les Tuniciers, dont l'appareil circulatoire possède une structure analogue, cette disposition est liée à la nécessité d'une circulation bien réglée; et, cette régularité de forme et de ramifications mise à part, les canaux sanguins des Tuniciers et des Lamellibranches n'ont jamais les caractères des véritables vaisseaux clos, munis de parois propres visibles, et ne communiquant pas directement avec les capillaires des régions qu'ils traversent; ces canaux sont toujours en



rapport avec les plus petites lacunes des organes qu'ils par
les fibres de leur enveloppe musculaire, — lorsqu'il
une, — ne leur appartiennent pas en propre et dépen
tissus environnants; tout enfin dénote leur véritable
leur origine aux dépens de lacunes mésenchymateuses a
et régularisées.

L'existence de cette nécessité physiologique est si v
l'on suit la complexité de l'appareil circulatoire en co
avec celle de l'organisme entier. Il est évident, en effet
mesure que l'organisme perdra sa complexité primitive
appareils acquerront de nouvelles fonctions ou perfectio
leurs fonctions premières, que de nouveaux organes appa
l'obligation pour le système circulatoire de suivre cett
tion ascendante s'imposera. Il faudra que le sang charg
gène parvienne rapidement dans les parties du corp
phénomènes vitaux sont très actifs, et, par suite, que s'é
cet arrangement de l'appareil vasculaire exposé plus ha
différenciation en canaux volumineux, à trajet direct, r
au cœur, et ramifiés avec une certaine régularité en can
petits qui se mettent en rapport avec le lacis lacunaire.

Chez les Dentales, ainsi que l'a démontré M. le pr
H. de Lacaze-Duthiers, le système circulatoire entier es
senté par quelques grands sinus communiquant entre
placés entre les viscères et la paroi du corps; l'ensembl
sinus correspond en somme à la cavité générale à pein
guée. Un degré supérieur est présenté par les Hétéro
les Ptéropodes, qui correspondent à des types primitifs
phalophores conservés dans la nature actuelle grâce à le
tation à la vie pélagique, ou bien, ce qui est moins p
surtout pour les Ptéropodes, à des types de Céphalophor
évolués, dont l'organisme se serait simplifié peu à pe
fait même de cette adaptation à la vie pélagique. Les L
branches et la plupart des Gastéropodes opistobranches v
ensuite; la complexité organique est déjà plus grand
trouve-t-on des sinus principaux, mais engagés et creus
la trame conjonctive des organes. Les Prosobranches et
les Céphalopodes montrent enfin le degré supérieur; les
principaux sont volumineux, isolés en partie, apparaissen
parfois, sur une certaine étendue de leur trajet, comme

tables vaisseaux clos à parois propres, et s'abouchent avec le réseau lacunaire périphérique dont ils ne sont, au fond des choses, qu'une partie différenciée.

Une série analogue est offerte par les Tuniciers, lorsqu'on s'élève des Appendiculaires aux Molgules en passant par les Synascidies et les Phalluciadées.

Ainsi, pour me résumer, le système circulatoire des Mollusques, qu'on le suive dans la série ascendante des types existant aujourd'hui, ou bien qu'on le suive dans le cours des différenciations embryogéniques, apparaît dès l'abord comme un ensemble de sinus creusés dans le tissu conjonctif; ces sinus n'ont, en premier lieu, aucune forme déterminée; puis à mesure que la complexité de l'organisme augmente, le lacis irrégulier de sinus prend de plus en plus l'aspect d'un réseau circulatoire régulièrement ramifié du centre à la périphérie, dont les canaux principaux tendent à s'isoler de la gangue conjonctive qui les entoure.

— Pourtant, afin de mieux connaître et de préciser davantage la structure de l'appareil circulatoire des Lamellibranches, il sera bon, je pense, de le comparer à celui des Vertébrés, qui a l'avantage d'être bien connu au point de vue histologique, sinon comme histogénie. Les Vertébrés présentent côte à côte deux systèmes, un système lymphatique et un système sanguin. Les canaux de ces derniers présentent des caractères particuliers; les vaisseaux principaux ont des parois propres et isolables, les capillaires eux-mêmes possèdent une membrane connective spéciale bien distincte du tissu conjonctif environnant; enfin, le liquide charrié renferme des globules de forme déterminée et contenant un principe chargé de fixer l'oxygène. Par contre, les lymphatiques n'ont presque jamais, même les grands canaux, de parois propres, car les fibres musculaires de l'enveloppe se perdent dans les tissus environnants; les capillaires n'ont pas de forme déterminée et fixe comme les capillaires sanguins, ils paraissent être simplement des cavités creusées dans le tissu conjonctif — nullement différencié autour d'elles, — et s'anastomosent de toutes parts; enfin, le liquide charrié contient des globules doués de mouvements amœboïdes. Ces globules procèdent, dans la profondeur des tissus, aux échanges nutritifs, le sang étant un véhicule, dont le seul rôle est d'apporter l'oxy-

gène aux tissus et de ramener l'acide carbonique, gr
moglobine. — Les caractères particuliers aux lymph
manifestent avec plus de netteté encore chez les Vert
rieurs, où l'on voit souvent les canaux à lymphe pr
pect de vastes poches percées dans la substance conj
semblables en tout aux sinus des Dentales et des Tu
suivant la complexité croissante de l'appareil lymphati
les Poissons jusqu'aux Mammifères, on assiste à tous
mènes déjà décrits pour les Mollusques.

En cherchant chez les Vertébrés l'analogue de l'ap
culaire des Mollusques, on le trouve dans le seul sys
phatique. Ces deux ensembles de canaux se ressemb
rement, autant par leur origine aux dépens de lacune
tives que par leur organisation définitive chez l'adul
raccorde, jusqu'à la nature du liquide charrié, la san
lusques étant semblable à la lymphe des Vertébrés.
vasculaire des Mollusques est donc un appareil lyn
dans lequel la lymphe se rend elle-même à la branc
puiser l'oxygène et le transmettre aux organes; il n
chez les Mollusques, comme il en est pour presque to
tébrés, un ensemble de canaux différenciés dans un
cial, et renfermant un liquide sanguin véritable, cha
ment d'aller puiser l'oxygène pour le transporter à la l
reste dans la profondeur des tissus.

Plusieurs naturalistes ayant employé l'expression
et même de lacunes sans paroi (Schuler — 19 — ent
pour désigner les ramifications de l'appareil vasculair
lusques, semblent admettre que ces cavités sanguin
pondent aux espaces nommées lacunes conjonctives ch
tébrés supérieurs. Ces dernières sont des vides virtuel
moins appréciables, laissés entre les faisceaux conjc
se forment par suite que lorsque ces faisceaux ap
et n'existent pas dans une substance fondamentale
comme en présente le tissu conjonctif des Lamellibra
lacunes des Lamellibranches sont creusées dans la
fondamentale gélatineuse à mesure qu'elle est produ
éléments mésoblastiques libres, et correspondent, si
en chercher l'analogue chez les Vertébrés supérieurs, a
aréolaires du tissu muqueux de l'embryon, destinées

en espaces lymphatiques. Je n'ai jamais vu dans le tissu conjonctif des Lamellibranches des éléments semblables à ceux décrits par Langer, ou « corps de Langer », dont la nature a été l'objet de nombreuses discussions parmi les naturalistes allemands, et dont l'existence a, tout récemment encore, été contestée par Schuler (19); je pense également, pour ma part, comme je l'ait dit plus haut, que Langer a été abusé par une fausse apparence, à une époque où la technique histologique n'était pas encore perfectionnée, et a décrit comme éléments cellulaires de petites cavités conjonctives remplies par des réactifs colorants et vues en entier sur des coupes épaisses.

II. — Etant donné le fait que les canaux sanguins des Lamellibranches ne communiquent pas avec l'extérieur, reste à s'expliquer le phénomène de la turgescence. Il est inutile d'examiner si des organes tels que les siphons et les bords du manteau augmentent leur volume en accumulant dans leur intérieur du sang mélangé à l'eau venue par les pores du pied, puisque ces pores n'existent pas; il faut seulement voir, dans le cas où la masse du sang serait insuffisante, si l'eau du dehors peut pénétrer dans le courant circulatoire par l'organe de Bojanus. M. de Lacaze-Duthiers, dans ses recherches sur l'organe de Bojanus et dans plusieurs de ses belles Monographies, a démontré le premier la communication, au moyen de cet organe, du péricarde avec l'extérieur, de telle façon que le sang puisse être rejeté au dehors; aussi, MM. Schiemenz et Fleischmann se sont-ils demandés si l'effet contraire, la pénétration de l'eau par cette voie, ne serait pas possible. Des observations concluantes à cet égard ont été faites par M. le professeur Sabatier sur la Moule; il est permis à un liquide venu du péricarde d'être rejeté, mais une languette placée sur le trajet, et jouant le rôle de valvule, oppose une barrière à l'eau qui tâcherait de pénétrer dans la cavité péricardique. Il semble donc que l'eau extérieure n'est jamais appelée à augmenter directement, par son apport, en passant par l'organe de Bojanus, la masse du sang; l'augmentation se produit par osmose seule, soit à travers les parois intestinales, soit peut-être aussi à travers les parois extérieures du corps. Mais cet apport n'est pas tellement rapide qu'il puisse justifier l'érection des organes, et il importe de chercher l'explication dans une

autre voie; il serait pourtant nécessaire d'étendre à
mellibranches, et même à tous les Mollusques, les re
M. Sabatier.

M. Ray Lankester (16) a avancé le premier, mais
coup de preuves à l'appui, que la quantité de sang
née dans les lacunes du manteau et des viscères serai
pour expliquer l'érection du pied, en supposant qu
de ce sang soit chassée dans les lacunes pédieuses.
mann (6) a eu le mérite d'étayer cette assertion par
vations précises. En pesant, après une saignée à blan
écoulé du corps de divers Lamellibranches d'eau do
teur a trouvé constamment que ce poids est égal, en
et supérieur parfois, à la moitié du poids total du corp
le manteau renferme à lui seul autant, et même plu
que tout le reste du corps. Les Lamellibranches poss
une quantité de sang considérable, et il est permis, à
de Ray Lankester, de s'expliquer le fait de la turgesce
apport de sang dans les organes érectiles, au détrim
tains autres organes qui se vident en partie, sans fai
nir une introduction d'eau prise à l'extérieur et desti
menter le volume du liquide sanguin.

Seulement, Fleischmann, cherchant à comprendr
nisme de la turgescence du pied, car c'est là le seul o
étudiait, admet la présence, sur le trajet de certains
d'un sphincter servant à empêcher le retour du sang
ce liquide pénètre dans les lacunes pédieuses par la vo
vaisseaux parfaitement libres. Le mécanisme correspor
presque en tout à celui de l'érection des vrais organe
non seulement augmentant leur volume, mais gagnan
rigidité spéciale, grâce à la haute tension sous laque
est emmagasiné. Or, ce n'est pas ici le cas; le pied, l
des Lamellibranches, sont mous et flasques lorsqu'il
et au contraire durs et résistants lorsqu'ils sont contr
s'agit donc pas d'une érection, rendant nécessaire l
de sphincters, mais bien d'une simple augmentation d
d'une turgescence. En outre, j'ai fait des coupes à la ba
de tous les types que j'ai étudiés dans ce mémoire et
mais vu de sphincter, il n'en existe pas davantage à l
siphons, du bourrelet marginal du manteau, et, du

relations de ces organes s'opposent à la présence d'anneaux musculaires contractiles. C'est donc dans un autre sens qu'il faut chercher l'explication de ce mécanisme, mais avant tout il convient de bien se représenter ce que l'on doit entendre, chez les Mollusques, par extension et contraction des organes turgescents.

Les individus que l'on a entre les mains pour les recherches ont quitté leurs conditions habituelles de milieu et sont contractés: or, tous les naturalistes qui ont étudié la question de la turgescence ont cherché — par une tournure d'esprit bien compréhensible, car l'on est toujours tenté de considérer comme habituel et régulier ce qu'on a d'ordinaire sous les yeux — à savoir comment les organes contractés parvenaient à s'étaler, comme si l'état de contraction était l'état normal, et l'état d'extension un phénomène accidentel pour la production duquel doivent intervenir certaines causes, introduction d'eau extérieure ou contractions de sphincters, passagères et de courte durée par leur nature, et disparaissant lorsque l'effet qu'elles amènent devient inutile. — Ce point de départ est fautif; dans les recherches de ce genre, il faut autant que possible examiner des individus bien vivants et rassembler autour d'eux les principales conditions de leur habitat. Kollmann avance que les Unios et les Anodontes ont généralement leur pied contracté, j'ignore si cette observation est bien exacte, mais je puis assurer que les Lamellibranches marins s'étalent en entier lorsqu'on les place dans de l'eau de mer en quantité suffisante, et restent ainsi tant qu'on ne les tracasse pas. Si on les touche, ils contractent plus ou moins leurs organes turgescents, puis, la cause de contraction ayant cessé, ramènent ces organes à leur état primitif de complète extension. Il est facile de constater aussi le même fait dans de grands aquariums. L'état d'extension total des organes turgescents est l'état normal, l'état habituel, celui qui se présente le plus fréquemment dans la nature, et l'état de contraction, par contre, est un phénomène accidentel, passager, dont la durée est fort courte, relativement à celle du premier.

Cette constatation suffit à elle seule pour renverser, s'il n'y avait en surplus des preuves anatomiques contraires, l'explication de Fleischmann, car, suivant nos connaissances physiologiques actuelles, les fibres musculaires ne peuvent rester in-

définiment en contraction, et l'on ne comprendrait pas
ter contracté pendant presque toute la vie de l'anim
part, dans un siphon étalé, par exemple, ou bien da
possédant son volume normal, les fibres musculaires
de repos, de résolution, puisque l'extension est la ma
habituelle, les lacunes sont béantes et gorgées de s
ensemble de conditions explique fort bien la mollesse
dité des organes. — Il reste seulement à explique
nisme de la contraction et du retour à l'aspect norm

Si l'on a parcouru les descriptions minutieuses exp
le présent mémoire, on a vu que les faisceaux musc
organes sont toujours dirigés suivant les sens de con
ces organes, et il en est de même pour le pied; cela ét
à priori, mais il importait de le démontrer pour bien a
explication. Ainsi, les siphons se contractent suivan
gueur et leur largeur; aussi les faisceaux musculai
disposés en couches longitudinales qui raccourcissen
et en couches transversales qui agissent à la manière
contractiles. De même les bourrelets marginaux du
lobe libre surtout est turgescent) perdent de leurs dim
largeur et en épaisseur; aussi voit-on des faisceaux ra
nés à rétracter le bourrelet dans l'intérieur de la coq
faisceaux longitunaux dont l'effet est de diminuer la l
seuls agents de la contraction sont les fibres muscul
faisceaux, et, comme les organes turgescents renf
grand nombre de ces fibres, leurs dimensions tendent
drir dans tous les sens de contraction des fibres. Le
jonctif, pas plus que les fibres du reste, ne diminuen
et perdent dans une direction pour gagner dans un
seul effet de la contraction est d'appliquer les unes
autres les parois des lacunes sanguines, de manière
paraître leur cavité et à chasser le sang dans des r
sines non contractées. Cet effet varie suivant l'intensit
traction, mais il n'en existe pas moins d'une manière
et, lorsque la contraction atteint son maximum d'
toutes les lacunes sont vidées, et l'organe se réduit à
de tissu conjonctif et de fibres musculaires contract
lui donne sa rigidité et sa consistance spéciales.

Le retour à l'état normal, à l'état d'extension, est

simple à se représenter. Les fibres cessent de se contracter et reprennent lentement leur longueur primitive; comme elles s'entre-croisent dans tous les sens autour des lacunes sanguines, ces dernières recouvrent aussi peu à peu leur calibre habituel. L'organe s'allonge, s'élargit; et, par le fait de la dilatation des lacunes, le sang est rappelé des régions dans lesquelles il avait été rejeté pour remplir les cavités du système circulatoire. Lorsque l'organe est étalé d'une manière complète, les fibres sont allongées et rétrécies, et les lacunes conjonctives gorgées de liquide sanguin; aussi les organes turgescents bien étendus offrent-ils des tons de transparence qu'ils ne montrent pas à l'état de contraction.

Ainsi, normalement, dans la nature, les organes turgescents sont étalés le plus possible et leurs lacunes remplies de sang. Lorsque, par une cause quelconque, l'animal tâche de les rétracter, les faisceaux musculaires sont les seuls agents de cette rétraction; ils se contractent, chassent le sang dans les autres parties du corps, et diminuent ainsi les dimensions de l'organe. Ensuite, les faisceaux cessent de se contracter, reprennent leur longueur première, les lacunes s'agrandissent de nouveau, se remplissent de sang et l'organe retourne à ses conditions normales.

Dans aucun cas, le sang n'est rejeté au dehors par des pores lorsque la contraction s'effectue, et l'eau ne pénètre pas directement par ces mêmes voies pour se mélanger au sang et augmenter sa masse lorsque l'organe revient à ses dimensions premières, puisque ces pores n'existent pas. Le sang est chassé dans les lacunes palléales, comme l'a montré Fleischmann (réservoirs sanguins du manteau), dans les lacunes viscérales, et c'est de là qu'il retourne; l'énorme quantité de ce liquide renfermée dans le corps, suffit pour expliquer l'amplitude des changements de dimensions.

Résumé Général.

I. — Les canaux sanguins (sauf le cœur et le péricarde) des Lamellibranches, comme ceux des Tuniciers, ne sont jamais des vaisseaux clos, pourvus de parois conjonctives ou musculaires propres et isolables des tissus environnants; ils conservent toujours le caractère de cavités conjonctives largement anastomo-

sées entre elles. Ces canaux sont de simples lacunes
un réseau diffus, sauf quelques-unes à trajet consta
sur une certaine étendue, faisant d'ordinaire comm
cœur avec les organes. Ces canaux, fréquemment d
le nom d'artères, n'offrent pourtant pas une structur
de celle des autres lacunes; des fibres musculaires e
bien leurs cavités, mais ces fibres; ne leur sont pas p
chacune d'elles n'entoure pas entièrement la lumièr
provient par contre des tissus voisins, environne une
lement de la cavité sanguine, et la quitte de nouve
perdre dans la trame conjonctivo-musculaire adj
couche conjonctive qui limite immédiatement la ca
fère pas de celle située plus profondément et ne fo
membrane connective spéciale; elle est recouverte pa
thélium plus ou moins continu et persistant, dont l
dérivent, avec les globules sanguins et les cellule
tives, des mêmes éléments mésoblastiques; du reste
sortes de cellules ont sans doute la faculté de se rem
tuellement. Enfin, de même que chez les Tuniciers
ses caractères, l'ensemble de l'appareil circulatoire
libranches rappelle le système lymphatique des Ver
globules correspondent en tout aux globules de lymp
sorte que le sang de ces animaux n'est autre que de
allant elle-même puiser dans la branchie l'oxygène
aux tissus.

II. — L'état d'extension complète est l'état habit
ganes turgescents chez les individus placés dans leur
normales de milieu; la contraction seule est un fa
suivi du retour à l'état ordinaire. Dans tous les orga
cents, les faisceaux musculaires sont nombreux et o
le sens de la rétraction et de la dilatation de l'organ
nisme de la contraction est basé sur la contraction d
musculaires, qui diminuent, aux dépens des lacune
qu'ils compriment, les dimensions de l'organe su
propres directions; le sang est chassé dans les lacun
et viscérales. Lorsque la contraction cesse, les fibres
s'allongent de nouveau, reprennent leur longueu
pour demeurer ainsi en repos, le sang retourne des

léales et l'organe revient à ses dimensions normales. Aucun organe érectile, ni le pied, ni les siphons, ni les bords du manteau, ne possèdent de pores servant d'ouverture de sortie au sang pendant les contractions, ni d'ouverture d'entrée à l'eau extérieure pendant l'extension, afin de remplacer la quantité de sang perdue; la masse du sang, égale ou supérieure comme poids à la moitié de celle du corps, suffit à elle seule pour expliquer toutes les variations de volume, suivant qu'elle se transporte d'une région dans une autre.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

1. — A. Agassiz. — Ueber das Wassergefässsystem der Mollusken. *Zeit. f. Wiss. Zool.* VII, 1856.

2. — Barrois, Th. — Les glandes du pied et les pores aquifères des Lamellibranches. Lille, 1885. — Mémoire principal de l'auteur sur cette question.

3. — Carrière. — Ueber die Drüsen im Fuss der Lamellibranchiaten. *Arb. d. Zool. Zoot. Inst. zu Würzburg*, V, 1879. — Mémoire principal de l'auteur sur cette question.

4. — Cattie. — Ueber die Wasseraufnahme der Lamellibranchiaten. *Zool. Anz.*, n° 151, 1883.

5. — Drost. — Ueber das Nervensystem und die Sinnesepithelien der Herzmuschel (Cardium edule L.)... *Morph. Jahrb*, XII, Hft. 2, 1886.

6. — Fleischmann. — Ueber die Bewegung des Fusses der Lamellibranchiaten. *Zeitsch. f. Wiss. Zool*, Bd. XLII, Hft. 3, 1885. — Mémoire principal de l'auteur sur cette question.

7. — Flemming. — Die haaretragenden Sinneszellen in der Oberhaut der Mollusken. *Arch. f. Mik. Anat.*, V. — Ueber Bindesubstanz und Gefässwandung im Schwellgewebe der Muscheln. *Arch. f. Mik. Anat.*, XIII. — Ueber die Blutzellen der Acephalen und..., *Arch. f. Mik. Anat.*, XV.

Bemerkungen hinsichtlich der Blutbahnen und der Bindesubstanz bei Najaden und Mytiliden. *Zeitsch. f. Wiss. Zool.*, XXXIX.

8. — Griesbach. — Ueber das Gefässystem und die Wasseraufnahme bei den Najaden und Mytiliden. *Zeitsch. f. Wiss. Zool.*, XXXVIII. — Mémoire principal de l'auteur sur cette question.

9. — [illegible]. — Die Wasseraufnahme bei Cyclas und Anodonta. *Dissertatio inauguralis.* Jena, 1884.

10. — Hertwig, R. et O. — Die Cœlom-Theorie. *Jen. Zeitsch.*, 1881.

11. — Kollmann. — Der Kreislauf des Blutes bei den Lamellibranchiaten, Aplysien, und Cephalopoden. *Zeitsch. f. Wiss. Zool.*, XXVI.

Die Bindesubstanz der Acephalen. *Arch. f. Mik. Anat.*, XIII. — Principaux mémoires de l'auteur sur cette question.

12. — Kowalewsky, A. — Embryogénie du Dentale. *Arch. Mus. Hist. Nat. de Marseille*, I, 1884.

13. — H. de Lacaze-Duthiers. — Organisation et développement du Dentale, *Ann. Sc. Nat.*, 4e série, XVI et XVII, 1857. — Mémoire sur l'organe de Bojanus, *Ann. Sc. Nat.*, 4e série, 1855. — Morphologie des Acéphales, *Arch. Zool. Exp.*, 2e série, I, 1883.

14. — Leydig. — Ueber Cyclas cornea. *Müller's Archiv.*, 1855.



15. — Nalepa. — Die Intercellularräume des Epithels... *Sitz. d. Kais. Ak zu Wien*, 1883.
16. — Ray Lankester. — The Supposed Taking-in and Shedding of Wat *Anz.*, n° 170., 1884.
17. — Sabatier, A. — Anatomie de la Moule commune. *Ann. Sc. nat.*,
18. — Schiemenz. — Ueber die Wasseraufnahme bei Lamellibranchiaten poden. *Mith. d. Zool. St. zu Neapel*, V.
19. — Schüler. — Ueber die Beziehungen der cavernöse Räume im Bind Anodonta ....., *Arch. f. Mik. Anat.*, 1885.
20. — Thiele. — Die Mundlappen der Lamellibranchiaten. *Zeitsch. f.* X XLIV, 1 et 2, 1886.

EXPLICATION DES PLANCHES IV A VIII.

Fig. 1. — Coupe longitudinale d'un siphon de *Venus decussat*
B, coupe transversale des bourrelets annulaires qui recc surfac du siphon; Ex, épithélium externe; Ei, épith terne, limitant la cavité siphonale; Ml, faisceaux mu longitudinaux, représentés sur la figure, comme sur figures du présent mémoire, par des lignes; Mt, faisc culaires transverses ou annulaires, représentés par d Mp, faisceaux musculaires perpendiculaires, dirigés à l'autre de la paroi siphonale; L, lacunes sanguines.
Cette figure représente seulement une partie de la coup dinale d'une paroi siphonale, prise vers le milieu de la du siphon.

Fig. 2. — Coupe transversale d'une paroi de siphon des *Ve sata*. 40/1.
Mêmes lettres que dans la figure précédente, avec c rence que les faisceaux musculaires longitudinaux de sont annulaires dans la réalité des faits, puisque la transversale; de même pour les faisceaux transvers longitudinaux. Ces deux figures se complètent l'une p et montrent la structure générale des parois de sip leurs couches épithéliales, leur trame conjectivo-i percée de sinus sanguins, et leurs faisceaux muscu semblés en séries alternativement longitudinales et a

Fig. 3. — Coupe transversale de la paroi interne du siphon *decussata* L. 220/1.
Ei, épithélium interne; L, lacunes sanguines avec leu endothéliales En; Ct, cellules conjonctives; Ml, faisc culaires longitudinaux, annulaires dans la réalité, coupe est transversale; Mt, faisceaux transverses, seulement les coupes des fibres plongées dans la sub jonctive, et longitudinaux en réalité.

Fig. 4. — Partie de coupe transversale prise vers le milieu seur de la paroi siphonale des *Venus decussata* L. 220/1.

Mêmes lettres et mêmes observations que pour la figure 3. Ces deux figures montrent l'irrégularité de forme des lacunes sanguines, et la continuité de leur pourtour, dépourvu de canaux mettant en communication leurs cavités avec l'extérieur.

Fig. 5. — Portion d'une coupe transversale de palpe buccal des *Venus decussata* L. 350/1.

Cette figure est destinée à représenter la forme nettement arrondie, sur une coupe transversale, de certaines lacunes sanguines L, à trajet régularisé sur une certaine étendue, à endothélium presque continu, et à enveloppe musculaire formée de fibres empruntées au tissu environnant. Tc, tissu conjonctif, renfermant des fibres musculaires Fm et des éléments figurés Ct; Cn, cellules endothéliales.

Fig. 6. — a. — cellules endothéliales Cn et cellules conjonctives Ct, représentées très grossies (980/1), afin de montrer leur structure et leur ressemblance; Ftc, fibrilles connectives; Fm, fibre musculaire.

b. — cellules conjonctives, même grossissement.

Fig. 7. — Coupe longitudinale de la paroi externe d'un siphon quelque peu contracté de *Venus decussata* L. 220/1.

Ex, épithélium externe renfermant des cellules calicinales Ch et des terminaisons nerveuses, sans doute tactiles, Bn; No, filets nerveux reliant entre elles, et avec les terminaisons Bn, les cellules nerveuses Cne; L, lacunes sanguines, avec les cellules endothéliales Cn; Ml, faisceaux musculaires longitudinaux; Mlp, faisceau musculaire longitudinal sous-jacent à l'épithélium externe; Mt, coupes de fibres musculaires annulaires; Tc, travées conjonctives.

Fig. 8. — Coupe longitudinale de palpe buccal des *Venus decussata* L. 220/1.

B, coupe des bourrelets qui parcourent en largeur la face supérieure des palpes; Ev, épithélium vibratile; Ch, cellules calicinales; Ei, épithélium de la face inférieure. Les autres lettres comme dans la figure 7.

Fig. 9. — *a*, cellules nerveuses; *b*, corps en bâtonnet de l'épithélium extérieur des siphons de *Venus decussata* L. Ces corps correspondent sans doute à des terminaisons nerveuses tactiles. — 600/1.

Fig. 10. — Coupe transversale du lobe libre du bourrelet marginal du manteau chez les *Venus aurea* Gm. 200/1.

E, épithélium avec son épais plateau; *Ct*, cellules conjonctives. Les autres lettres comme dans la figure 7.

Fig. 11. — Fibres musculaires dissociées du siphon des *Venus decussata* L. 600/1, montrant la différenciation de la substance contractile en fibrilles longitudinales.

Fig. 12. — Coupe transversale du bourrelet marginal du manteau des *Venus aurea* Gm. 35/1.

Lad, lobe adhérent avec son sillon et sa languette La
lon marginal; Li, lobe libre; Fmr, faisceaux muscu
diaux; Fml, faisceaux musculaires longitudinaux, cou
versalement; L, lacunes sanguines.

Fig. 13. — Coupe transversale du lobe adhérent du bourre
nal du manteau des *Venus aurea* Gm. 200/1.

Ea, épithélium adhérent à la valve; El, épithélium lib
tinuant avec celui du sillon marginal (comparer à l
figure 12, où les mêmes lettres se retrouvent); La,
Epi, fragment de la lamelle épidermique qui recou
quille, et détaché de l'épithélium qui la sécrète; L, la
guines, creusées dans la trame conjonctivo-muscula
fibres radiales sont en majorité.

Fig. 14. — Coupe longitudinale pratiquée à l'extrémité lib
phon de *Venus decussata* L., et passant obliquement par l
tentacule. 200/1.

E, épithélium; L, lacunes sanguines, avec leurs cellule
liales Cn; Tc, trame conjonctivo-musculaire avec se
figurés Ct, et ses fibres musculaires orientées dan
sens.

Fig. 15. — Tentacule de *Lima inflata* Chemn, montrant ses
sphériques séparés par des étranglements. 25/1.

Fig. 16. — Coupe tangentielle oblique pratiquée dans l'épith
bourrelet de tentacule des *Lima inflata* Chemn. 220/1.

Ca, paroi des capsules cellulaires; Cr, corps réfringen
toplasme cellulaire.

Fig. 17. — Coupe transversale d'un bourrelet de tentacul
inflata Chemn. 80/1.

E, épithélium extérieur; L, lacunes sanguines, sépar
bandes conjonctivo-musculaires.

Fig. 18. — Coupe longitudinale de la paroi externe d'un t
Lima inflata Chemn, montrant un bourrelet et deux étra
220/1.

Pl, plateau épithélial; Cr, concrétions réfringentes; N,
silaires de l'épithélium; Ml, fibres musculaires long

Fig. 19. — Coupe transversale, quelque peu oblique, d'un b
tentacules de *Lima inflata* Chemn. La partie externe
montrant l'épithélium et les tissus sous-jacents, est seu
tée. 220/1.

Pl, plateau épithélial; Cp, protoplasma cellulaire; Cr,
réfringentes; Ca, fragments de parois capsulaires,
espaces vides par suite de la chute des concrétions
plissaient; N, noyaux basilaires; Ba, basale de l'
Mt, fibres musculaires longitudinales, coupées t
ment.

Fig. 20. — Eléments dissociés de l'épithélium des bourrelets des tentacules de *Lima inflata* Chemn. 550/1.

a, b, c, d, d^1, d^2, e, e^1, f, f^1, série des divers stades évolutifs qui transforment une cellule épithéliale ordinaire, telle que *a*, en un élément à volumineuse concrétion réfringente comme f et f^1; a, b, c, d, d^1, d^2, portent leur plateau; e, e^1, sont entourés encore par un fragment de leur capsule. La capsule n'a pas été représentée dans les cellules de a à d^2 inclus, la capsule et le plateau n'ont pas été dessinés pour les éléments f et f^1.

g, nodules réfringents basilaires; g^1, noyaux (?) basilaires.

h, fragment de concrétion, montrant sur le plan de rupture les petits nodules qui la constituent; i, deux concrétions entourées par un fragment de paroi capsulaire, paraissant munies chacune d'un noyau; j, fragment de paroi capsulaire; k, l, concrétions dont les nobules constitutifs ne sont pas intimement soudés les uns aux autres.

Fig. 21. — Globules sanguins, avec le réseau chromatique de leur noyau. 550/1.

Fig. 22. — Cellules conjonctives, avec le réseau chromatique de leur noyau, et dessinées pour montrer leur ressemblance avec les globules du sang. 550/1.

Fig. 23. — Coupe transversale de la paroi externe d'un bourrelet des tentacules de *Lima inflata* Chemn. 220/1.

Mêmes lettres que dans la figure 19; L, lacunes sanguines avec leurs cellules endothéliales *Cn*.

Fig. 24. — Fibres musculaires dissociées des tentacules de *Lima inflata* Chemn. 450/1.

Fig. 25. — Portion d'une coupe transversale de la paroi siphonale des *Mya arenaria* L., pour montrer la paroi des « sinus d'accollement. » 200/1. (Voir fig. 27, *Ln*).

Mt, fibres musculaires longitudinales coupées transversalement; Ml, fibres musculaires annulaires vues dans leur longueur; Ct, cellules conjonctives; Cn, cellules endothéliales; Gs, globules sanguins; L, cavité du sinus.

Fig. 26. — Coupe transversale de la paroi interne, limitant les cavités siphonales, du siphon des *Mya arenaria* L. 200/1.

Ei, épithélium interne limitant la cavité siphonale; Mt, Cn, comme dans la figure 25; L, lacunes sanguines, divisées en plusieurs parties par de minces tractus conjonctifs.

Fig. 27. — Coupe transversale du siphon des *Mya arenaria* L. 6/1.

Cu, cuticule épidermique extérieure, Fm, trame conjonctivo-musculaire de la paroi; Cs, cavités siphonales, séparées par la cloison Cl; Ln, sinus d'accollement; L, lacunes sanguines.

Fig. 28. — Coupe transversale de la paroi siphonale des *Mya arenaria* L., prise vers le milieu de la longueur du siphon. 35/1.

Cu, cuticule épidermique; Ex, épithélium externe; Ei, épi interne; entre ces deux couches épithéliales est la tra jonctivo-musculaire cribiée de lacunes sanguines L, et fibres musculaires annulaires (vues en long sur la figure les fibres longitudinales (coupées transversalement) M disposées en assises se succédant alternativement.

Fig. 29. — Coupe longitudinale de la paroi siphonale des *Mya* L., prise vers le milieu de la paroi siphonale. 35/1.

Mêmes lettres que pour la figure 28. Les fibres transvers sont annulaires, et les fibres Ml, vues dans leur longeur v longitudinales.

Fig. 30. — Partie externe d'une coupe transversale de la paro nale des *Mya arenaria* L., prise vers la base adhérente du 220/1.

Cu, cuticule; Ex, épithélium externe; Mt, fibres muscula gitudinales coupées transversalement; Ml, fibres mus annulaires, vues dans leur longueur; L, lacunes sangui cellules conjonctives; Cn, cellules endothéliales.

Fig. 31. — Partie externe de la figure 28, dessinée à un plus f sissement. 220/1.

Mêmes lettres que dans la figure 30.

Fig. 32. — Fibre musculaire dissociée de la paroi siphonale *arenaria* L. 200/1.

Le P. opriétaire-gérant,

Félix ALCAN

[illegible] — Imprimerie [illegible]

QUATRIÈME CONTRIBUTION

A

L'HISTOIRE DES PÉRIDINIENS

Par G. POUCHET (1).

(PLANCHES IX ET X.)

« A Monsieur Brown-Séquard,

« Cher maître, le jour où je faisais connaître sommairement à « la Société de Biologie l'organe oculaire des Péridiniens vous « avez apprécié cette découverte en termes d'une bienveillance « trop grande pour que je les aie oubliés. Permettez-moi de « vous dédier ce travail. »

Depuis notre dernière publication sur les Péridiniens (**III**), il n'a paru à notre connaissance qu'un travail important sur ce groupe d'êtres, par M. Butschli (**IV**). Nous ne discuterons ni les conclusions de ce travail, ni un certain nombre de faits particuliers qu'il relate. Plusieurs de ces faits particuliers ont été déjà indiqués avec détail par nous, tels que le détachement accidentel du flagellum. D'autres sont évidemment contraires à la réalité, telle, par exemple, qu'une prétendue non existence d'une cuticule à la surface des Noctiluques, alors que cette cuticule résiste à l'action des acides même minéraux. Quant aux conclusions générales de M. Butschli, tant sur la place qu'il convient d'assigner aux Péridiniens que sur les rapports qui les unissent aux Noctiluques, il ne nous paraît pas que cet auteur ait apporté des arguments nouveaux à ajouter à ceux que nous avons déjà fait valoir dans le même sens.

Comme les années précédentes, nous nous bornerons à relater ici les observations nouvelles qu'il nous a été donné de

(1) Voy. *Sur l'œil des Péridiniens.* Soc. de Biologie, 8 mai 1886. — *Sur Gymnodinium Polyphemus* Pouchet. Comptes rendus, 2 novembre 1886. — Les indications en caractères romains gras se rapportent à l'index bibliographique donné à la fin du mémoire.

faire sur un groupe d'êtres dont l'intérêt s'accroît à mesure qu'ils fixent davantage l'attention des biologistes.

Nous ne reviendrons pas sur les difficultés de cette étude, renvoyant à ce que nous en avons dit antérieurement. Les moyens de recherches ont été les mêmes, et, si elles ont apporté quelque notion nouvelle, il convient, comme les années précédentes, d'en faire remonter le mérite à Monsieur le Ministre de la Marine qui, en mettant au service du Laboratoire de Concarneau et des recherches scientifiques qui s'y poursuivent, une partie de ces « forces sociales » dont disposent les gouvernements, nous a permis des études impossibles sans cela. Les faits biologiques que nous avons déjà constatés sur les êtres microscopiques qui nous occupent, faits dont l'importance (au moins pour quelques-uns) est évidente, n'ont pu être découverts que grâce à ces moyens mis à notre disposition et pour lesquels nous adressons toute notre gratitude au gouvernement de notre pays, et spécialement au Ministre de la Marine.

Nous procéderons, comme nous l'avons fait dans les mémoires antérieurs, par espèces. Mais nous devons faire remarquer encore une fois que, profondément convaincu comme nous le sommes, que les Péridiniens seront tôt ou tard reliés à d'autres êtres, évidemment des végétaux, dans l'évolution desquels ils ne représentent qu'une phase aberrante ou cyclique ; convaincu que les dénominations spécifiques qui leur sont attribuées sont essentiellement provisoires, nous avons évité autant que possible de les multiplier, sauf à ajouter, dans certains cas, aux deux noms linnéens un 3[me] pour marquer d'importantes variétés.

Quand nous aurons à faire valoir quelque considération générale, nous le ferons à propos des espèces qui présenteront les faits les plus saillants motivant ces considérations.

L'étude des Péridiniens est en réalité toute nouvelle. On peut dire, malgre la grande publication de Stein, qu'elle date du mémoire de Bergh. Elle offre des difficultés de tout ordre. Malgré la grande homologie des êtres qui composent le groupe, ce que nous avons fait connaître de leur évolution, montre déjà que celle-ci varie considérablement dans les genres en apparence les plus voisins. C'est là une première difficulté.

Les eaux douces ne sont pas aussi pauvres en Péridiniens qu'on l'avait supposé jusqu'ici. On a trouvé, depuis nos premières re-

cherches, *Ceratium hirundinella* en abondance extraordinaire dans les lacs du centre de l'Europe (M. Forel); et à Paris même M. Danys a découvert récemment dans les bassins du Muséum d'Histoire naturelle de Paris des Péridiniens en grand nombre, et tout au moins une forme nouvelle *Gymnodinium Musæi*, qui n'avait point été certainement apportée là par accident, de quelque région éloignée du globe.

Le nombre des formes marines est considérable. Nous en avons déjà fait connaître plusieurs nouvelles; nous en décrivons encore dans ce travail et cependant nous nous sommes rigoureusement tenu aux formes typiques s'éloignant sensiblement de toutes celles déjà connues.

Une particularité très intéressante de l'histoire des Péridiniens est leur apparition à la surface des eaux océaniennes. Nous nous sommes expliqué ailleurs sur les conditions tout à fait spéciales résultant du mouvement des marées, qui ne permettent jamais de pratiquer deux jours de suite à la côte la pêche dans des conditions sensiblement identiques. Souvent on constate dans l'espace de vingt-quatre heures un changement considérable dans l'abondance des Péridiniens à la surface de la mer. C'est ainsi que nous avons vu cette année (1886) — la pêche étant toujours faite au même lieu — la surface extraordinairement pauvre en Péridiniens dans les journées du 26 et du 27 avril, se montrer subitement, à partir du 29 avril, d'une richesse extraordinaire en genres et en espèces variés.

Le même phénomène s'est encore offert d'une manière plus accusée peut-être à la fin de septembre. Le temps depuis le commencement du mois jusqu'au 22 avait été très beau, et, malgré des conditions en apparence favorables, la pêche au filet fin n'avait donné que des résultats à peu près négatifs. Elle ne rapportait guère que des Copépodes et de jeunes Mollusques (Lamellibranches et Gastéropodes) extrêmement nombreux. Tout à coup, le 23, un vent violent se met à souffler du N.-N.-E., c'est-à-dire de terre. La mer est forte au large; abritée sous les côtes, elle est cependant agitée. Le lendemain 24, contre notre attente, la surface se montre extrêmement riche en Péridiniens: *P. divergens*, dans ses diverses variétés (voy. I); Noctiluques non épanouies; abondance de *Gymnodinium crassum* Pouchet, que nous n'avions rencontré jusque-là qu'en rares exemplaires; *Ceratium*

tripos, *Ceratium furca*, parfois en chaînes de deux individus; *Dinophysis*, dont plusieurs exemplaires également en état de conjugaison, tel que nous l'avons décrit (I, p. 27 et 28); *Pyrophacus horologium*, etc. En même temps, comme de coutume, les larves de Géphyriens, d'Annélides, de Cténophores sont très abondantes.

On remarquera que le vent soufflant de terre, il est inadmissible que cette faune survenue subitement ait été apportée du large. Mais on peut admettre, semble-t-il, qu'une agitation modérée de l'eau l'ait fait monter du fond à la surface. L'eau ne présentait point d'ailleurs, comme après les grands vents du large, l'extrême abondance de débris végétaux, l'espèce de poussière végétale dont nous avons parlé ailleurs. — On pourra rapprocher ces conditions particulièrement favorables qui se sont alors offertes à nous à la fin de septembre dans la baie de Concarneau, de celles où nous avions trouvé la première fois *C. tripos* et *C. furca* en chaînes par le travers de Penmarch (voy. I, p. 13), un 10 octobre.

Cette faune si abondante en Péridiniens qui s'est ainsi offerte les 24 et 25 septembre après trois semaines de beau temps, présentait de plus une particularité intéressante. En 1882, au mois de septembre, nous avions noté l'extrême fréquence de pigment rouge dans presque toutes les espèces de Péridiniens que nous trouvions à observer, *Peridinium divergens*, *Glen. obliquum*, *Dinophysis, Noctiluca*, etc. (Voy. I, pp. 10, 37, 41, et II, p. 31). Au mois de septembre 1886, les mêmes espèces retrouvées en abondance, spécialement *P. divergens* et *Gl. obliquum* ne présentent aucune tache pigmentaire rouge. Quelques individus de *P. divergens* sont simplement rosés; chez d'autres légèrement bistrés, les pointes, au lieu de présenter comme nous l'avons décrit (I, p. 41) du pigment rouge diffus, offrent simplement un pigment brun. En sorte que, tandis qu'en septembre 1882 la faune péridinienne était tout à fait remarquable par l'abondance de son pigment rouge (au point que c'est l'existence et la fréquence de ce pigment qui déterminèrent nos premières recherches sur ce groupe d'êtres), au contraire en septembre 1886 le pigment rouge fait absolument défaut chez les mêmes espèces. C'est là une preuve nouvelle des variétés que nous avons indiquées comme pouvant être offertes par la faune pélagique d'un

même lieu. — Ici interviennent évidemment, pour produire ces variétés (1), des conditions cosmiques d'un ordre très général et d'une analyse à peu près impossible dans l'état actuel des sciences. La pratique prolongée des côtes, au laboratoire de Concarneau, nous a maintes fois édifié sur leur influence, et elles s'étendent même à des espèces beaucoup plus volumineuses que celles qui nous occupent ici. D'ailleurs ces variations, spécialement celles qui touchent à l'abondance de telle ou telle forme, quand on y réfléchit, n'ont rien qui nous doive étonner en fin de compte plus que l'abondance de certains fruits, la prospérité de certaines récoltes de plantes annuelles. Une répartition plus favorable de la température pour telle espèce ou plus défavorable pour telle autre, ennemie de celle-là, aura pour conséquence l'abondance exceptionnelle de tel animal sur la côte ou sa diminution et sa disparition même pendant un certain nombre d'années. Le même phénomène avec lequel nous sommes tout à fait familiers quand il s'agit de la maturité des ovaires des pommiers ou de la vigne de toute une région, nous frappe davantage, mais seulement par notre défaut d'habitude ou par sa rareté plus grande, quand il s'agit d'une espèce marine comme le Hareng ou la Sardine. On comprend, au reste, que dans un milieu comme les eaux océaniennes moins immédiatement subordonné que le plein air, aux influences cosmiques, la périodicité des époques d'abondance ou de rareté soit de plus longue durée que pour les êtres plus directement soumis à l'effet des saisons. Mais au fond le phénomène est le même. Et on comprend aussi qu'il prenne une intensité plus grande lorsqu'il s'agit d'espèces, où les indivi-

(1) En même temps que la faune pélagique se modifiait, dans la journée du 23 septembre 1886, un changement était signalé dans les conditions de la pêche de la sardine. Nous marquons ce rapprochement, sans en tirer pour le moment aucune conclusion. Pendant toute la période de beau temps que nous avons indiquée pour les trois premiers septenaires de septembre, la pêche avait donné à Concarneau des résultats tout à fait inusités et que des personnes très compétentes et d'un esprit très scientifique, nous ont affirmé ne s'être jamais présentés à leur connaissance. On pêchait à la fois : 1° des sardines de deux *moules* différents, de 17 au kilo (appelées sardines de *dérive* et qu'on ne pêche ordinairement qu'en hiver au large avec le maquereau) et de 50 au kilo, 2° de petits maquereaux, 3° des anchois, 4° des sprats. Le 23 septembre, la brise étant trop forte, les bateaux ne sont pas sortis. Le 26 et le 27, en même temps que la faune pélagique microscopique était modifiée, le maquereau, l'anchois et la grosse sardine disparaissaient; on ne pêchait plus que la sardine ordinaire et quelques sprats, c'est-à-dire que la pêche, sans être abondante, était rentrée dans les conditions normales de la saison.

dus doués d'une vie plus courte se renouvellent plus fréquemment.

Une conséquence de cette variabilité, dans l'abondance des espèces observées, est l'impossibilité où on se trouvera parfois de vérifier les faits antérieurement constatés. C'est là évidemment une condition défavorable des études que nous poursuivons et à laquelle il faut se résigner. Pour beaucoup de nos observations l'avenir seul et le seul retour des mêmes conditions heureuses pourront en montrer l'exactitude. Nous avons sous ce rapport une entière confiance en celles que nous avons faites, quelle que soit la défiance avec laquelle nous comprenons fort bien qu'on les ait admises encore tout dernièrement (voy. Berg, V). Notre seul devoir en pareil cas était — et nous n'y avons pas manqué — de multiplier les constatations quand cela a été possible, et d'en appeler quand nous l'avons pu, au témoignage des travailleurs qui nous entouraient. Toujours aussi nous nous sommes fait une loi d'écrire nos observations au jour le jour sur un cahier *ad hoc* et d'y faire les dessins à l'appui. L'iconographie des Péridiniens elle-même a ses difficultés propres, surtout pour ceux qui sont dépourvus de test comme les Gymnodinium. Nous avons signalé déjà l'impossibilité presque complète de fixer ceux-ci par les réactifs, d'une manière satisfaisante, et d'autre part nous avons noté leur rapide décomposition. Il est donc toujours urgent d'en prendre la figure alors qu'ils sont actifs et bien vivants ; mais alors aussi leur mouvement est une rotation perpétuelle, et comme l'être est lui-même d'un dessin irrégulier, il arrive qu'il se présente incessamment par toutes faces dissemblables. Le sens même dans lequel il tourne, est défavorable à se bien rendre compte de la configuration de l'être : il porte un sillon spiral, et il se meut sur son axe, comme nous l'avons dit ailleurs, précisément en sens inverse de celui que l'on semblerait attendre de la direction de cette spire.

Nos figures sont toutes données comme précédemment au grossissement de 500 diamètres.

Les descriptions et les figures qui suivent ne sont en quelque sorte que la reproduction de notre Journal. Quand les faits se sont présentés à nous une seule fois, ou deux, nous avons pris soin de le dire, d'indiquer les circonstances dans lesquelles l'observation a été faite et la valeur qu'il convient de lui donner.

Sous ce rapport nous pouvons déclarer que nous n'avons rien à reprendre à nos observations antérieures, tandis que des faits entrevus et signalés par nous à titre exceptionnel les années précédentes, se sont montrés cette fois avec une fréquence qui ne laissait rien à désirer, apportant la démonstration répétée de particularités que nous n'avions fait qu'entrevoir.

GENRE GYMNODINIUM (voy. II, p. 32).

Jusqu'ici nous n'avions pu observer qu'isolément quelques individus se rapportant à l'espèce que nous avons dénommée *G. Polyphemus*. Nous les avions toutefois indiqués comme pouvant se présenter avec deux tailles très différentes, formant peut-être deux espèces; mais, d'après la règle constante que nous nous sommes imposée, nous les laissions confondus sous la même dénomination G. Polyphemus. L'espèce ainsi dénommée par nous peut être définie : « Gymnodinium muni d'un appareil oculaire ». Nous distinguons deux variétés, *G. Polyphemus* var. *nigrum* et *G. Polyphemus*, var. *roseum*, représentant deux types qui se sont montrés à nous à maintes reprises et que nous avons eu tout le loisir d'observer (1), en même temps qu'une forme nouvelle dépourvue d'organe oculaire et que nous croyons devoir décrire sous le nom de *Gymnodinium helix* Pouchet.

Du 23 au 25 mars et vers le 23 et 24 avril 1886, nous rencontrons dans la baie de Concarneau *G. Polyphemus* var. *roseum*. Du 25 au 28 avril nous ne le voyons plus, et la forme qui se présente principalement est *G. Polyphemus* var. *nigrum*. Le 29 avril, nous trouvons *Gymnodinium helix* qui ne se rapproche d'aucune des espèces décrites jusqu'ici par Bergh et par nous : la disposition toute particulière de son sillon transversal se retrouve d'ailleurs jusqu'à un certain point chez *Gymnod. Polyphemus* var. *roseum*. Mais comme elle est à la fois beaucoup plus accusée dans *G. helix*, et que nous avons pu l'y étudier

(1) Il est possible que les individus décrits et figurés dans notre second travail (II, p. 81 et suiv. et fig. I) et dans le troisième (III, p. 5 et 6, et fig. II) doivent être rapportés à *G. Polyphemus* var. *nigrum*. Nous inclinons même à croire actuellement que le dernier de ces individus (III, p. 5 et 6, et fig. III) était anormal, monstrueux. Quant au *Gym. Polyphenus* de petite taille que nous avons figuré (II, fig. 1,c, et III, fig. 4), il diffère de *G. Polyphemus* var. *roseum* par la coloration du pigment oculaire qui était noir. Cette forme ne s'est pas représentée à nous cette année.

beaucoup plus complètement, nous décrirons tout d'abord cette dernière espèce.

GYMNODINIUM HELIX Pouchet.

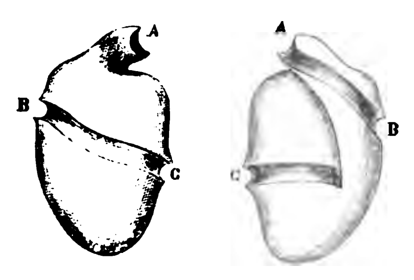
On peut caractériser cette espèce à la fois par l'absence d'organe oçulaire et par le contournement du sillon transversal dont l'extrémité antérieure dépasse la masse du corps cellulaire et dessine en avant de lui une sorte de tortillon. Rencontrée assez abondamment à partir du 29 avril jusqu'au 3 mai, époque où nos observations durent être suspendues, cette espèce remarquable n'avait pas antérieurement appelé notre attention. Il est probable qu'elle ne s'était jamais offerte à nous. Nous la trouvons enkystée, immobile, engagée dans les masses muqueuses qu'on voit parfois en abondance dans les pêches au filet fin (1), et dont l'origine reste incertaine. Nous croyons toutefois que ce sont le plus souvent des mues d'Appendiculaires. Ce kyste, comme tous les kystes normaux des Péridiniens, est extrêmement mince, hyalin, il est beaucoup plus grand que l'être contenu à son intérieur. Les conditions d'immobilité où celui-ci se trouve sont particulièrement favorables à l'étude, et nous pouvons le décrire et le représenter très exactement. Ses dimensions sont sensiblement uniformes. Il mesure 35 à 38 μ de long. Sa coloration est d'un jaune serin clair. Elle est répandue également dans tout le cytoplasme. Toutefois elle peut offrir une disposition faiblement rayonnée à partir des pôles. Le noyau se voit mal. On ne distingue pas les flagella. A la place occupée par l'organe oculaire dans G. Polyphemus, on découvre quelquefois deux ou trois granulations mais dont la signification reste incertaine.

Nous donnons ici le dessin géométral d'un même individu de G. helix vu par ses deux faces, les mêmes lettres correspondent aux points identiques du contour.

D'une manière générale le sillon longitudinal et le sillon transversal sont disposés comme dans *Gym. Archimedis* Pouchet. Les deux espèces se distinguent d'ailleurs nettement à la fois par l'origine et par la longueur du sillon transversal. Celui-ci naît en quelque sorte au delà du corps dans G. helix et ne

(1) Nous n'avons pas revu ces masses muqueuses dans les pêches pratiquées en septembre et en octobre (1886).

décrit pas les deux tours complets qu'on trouve dans Gymn. Archimedis, il s'avance simplement beaucoup au delà du plan méridien passant par son extrémité antérieure.



Le sillon longitudinal s'incurve d'après la règle que nous avons indiquée ailleurs pour garder ses relations normales. Ce qui est particulier ici, c'est la disposition de l'extrémité antérieure ou gauche du sillon transversal (voy. I, p. 52).

Nous conservons dans notre description les désignations d'extrémités antérieure, postérieure, de faces ventrale et dorsale, telles que nous avons défini ces parties lors de nos premières recherches; nous rappelons que l'extrémité antérieure porte communément une échancrure médiane, dessinant deux éminences plus ou moins prononcées et qui est comme la terminaison du sillon longitudinal; celui-ci — ou sa partie antérieure, quand il affecte une disposition spirale — détermine le côté ventral. C'est à ce niveau également que s'insère le flagellum du sillon longitudinal et que le cytoplasme, chez les Péridiniens munis de test, paraît en relation plus directe avec l'extérieur. C'est la désignation de bouche donnée à ce point et correspondant d'ailleurs vraisemblablement à la bouche des Noctiluques, qui nous a engagé à adopter une nomenclature qu'il n'y a d'ailleurs pour le présent aucune raison décisive d'abandonner, bien que l'être progresse l'extrémité que nous appelons postérieure, en avant.

Dans G. helix l'extrémité antérieure ne présente point de trace d'une double éminence, mais au contraire une sorte de lame saillante contournée et excavée d'un côté en gouttière. Celle-ci est l'origine même du sillon transversal, qui semble de la sorte commencer sur une espèce de tortillon saillant. Le côté de ce tortillon, opposé à la gouttière, n'est autre chose que le bord gauche du sillon longitudinal, lequel descend en spirale

pour venir se terminer selon la règle à gauche de l'extrémité postérieure du sillon transversal.

Le sillon longitudinal est, ainsi qu'il arrive toujours, beaucoup plus étroit que le transversal et se termine brusquement à son point de conjonction avec ce dernier. Toutes ces particularités morphologiques sont ou reste nettement indiquées dans le double dessin que nous donnons de cette espèce pour suppléer à ce qu'a d'imparfait cette description particulièrement difficile.

GYMNODINIUM POLYPHEMUS var. ROSEUM (fig. 1).

Nous l'avons trouvé le 25 mars et trouvé le 23 avril. Nous n'étions pas au bord de la mer entre ces deux dates. Il est devenu plus rare dès le 26 avril au moment où apparaissaient plus abondants (28 avril) G. Polyphemus var. nigrum, et G. helix.

G. Pol. var. roseum présente une disposition de l'extrémité antérieure du sillon transversal assez analogue à celle de l'espèce précédente, mais les caractères de l'organe oculaire sont nettement accusés : il a une direction constante et une constitution absolument uniforme. L'être se distingue des variétés que nous avons antérieurement fait connaître (voy. II et III) et de la suivante par la coloration rose du pigment oculaire.

G. Pol. var. roseum mesure 30 μ de long. Le cytoplasme peut être en partie incolore et légèrement teint de jaune dans une autre partie; ailleurs il est complètement hyalin mais renferme alors une très grosse vésicule d'un liquide coloré par la diatomine.

Le corps réfringent ou cristallin de l'œil (voy. III) est claviforme, sa disposition et sa direction sont constantes. Il est placé dans la moitié antérieure de l'être et en même temps tourné vers la partie aborale, c'est-à-dire dans la direction ordinaire du mouvement.

La tache pigmentaire est parfaitement limitée, en forme de calotte hémisphérique enveloppant la petite extrémité du cristallin claviforme.

Le pigment oculaire peut faire défaut. De même nous n'avons vu aucun individu ayant son flagellum antérieur, dont la disposition eût été sans doute intéressante à noter en raison

de la disposition même de l'extrémité antérieure du sillon longitudinal. Nous rappellerons que chez un grand nombre de Péridiniens la présence du cil antérieur est presque l'exception. Sur les individus de cette espèce que nous avons observés, les mouvements ne nous ont pas paru être exactement les mêmes que ceux des autres Gymnodiniums. Le mouvement de rotation ne s'accompagne pas d'un mouvement rapide en avant; l'être décrit généralement un cercle en même temps qu'il tourne sur son axe.

GYMNODINIUM POLYPHEMUS var. NIGRUM (fig. 2 à 5).

Ce Gymnodinium est plus grand que les précédents G. Hélix et G. Pol. var. roseum. Il s'est montré assez abondant le 28 avril et nous l'avons vu jusqu'au 2 et 3 mai, mais toujours enkysté, soit seul à l'intérieur du kyste, soit double. Un kyste conservé 48 heures en culture nous a montré les deux êtres tendant à se séparer. Ils n'étaient donc pas en conjugaison.

G. Pol. var. nigrum est remarquable par l'abondance de pigment jaune (diatomine) qu'il renferme et qui s'y trouve mêlé — phénomène très particulier — à du pigment noir. Sur un kyste que nous figurons (fig. 2, B), la diatomine forme une large vésicule, indépendamment de grains répandus dans le cytoplasme autour du noyau.

Pigment noir. Ce pigment est répandu en grains de grosseur inégale et irréguliers dans le cytoplasme. Ces grains semblent refoulés surtout à la périphérie et affectent quelquefois la disposition en zébrures méridiennes d'une régularité frappante. Dans Gymnodinium spirale nous avons déjà vu le pigment rouge affecter la même disposition symétrique par rapport à l'axe de l'être (1).

Il semble parfois que le pigment noir avoisine d'une façon élective les gros grains de diatomine. C'est le même pigment mélanique qui forme l'amas choroïdien. Sur la plupart des individus que nous avons observés, cet amas est irrégulier. On peut toutefois le voir figurant une sorte de calotte hémisphérique coiffant l'extrémité du cristallin, et présentant alors la même disposition que le pigment rose dans Gymn. Polyph. var. roseum.

(1) Voy. II, p. 42. *Gymnodinium gracile* (G. *spirale* var. *nobile*).

Notons encore l'existence dans certains cas, au voisinage du corps cristallinien et au contact du pigment mélanique, d'un grain rose que nous avons représenté (fig. 3, B) et qu'on peut considérer peut-être comme partie constituante de l'organe oculaire ainsi qu'on le verra plus loin.

Cristallin. Le cristallin peut être constitué par un seul corps réfringent d'une forme nettement définie comme dans G. Polyph. var. roseum; mais dans la plupart des cas on voit à la place de celui-là des amas de globes hyalins, sphériques sur leur face libre et en contact par des surfaces planes les uns avec les autres. Il semble donc que l'amas pigmentaire aussi bien que le cristallin présentent une évolution parallèle. Ces deux organes — si tant est qu'on puisse donner le nom d'organes à des produits intra-cellulaires — semblent se former par la fusion de particules de même nature, d'abord plus ou moins distantes dans le cytoplasme, qui se rapprochent ensuite, s'unissent et prennent finalement une forme définie répondant à la notion que nous nous faisons de l'*organe* chez les animaux polycellulaires.

Les nombreux individus en cours de segmentation dans les kystes étaient réciproquement disposés comme nous l'avons indiqué ailleurs, l'extrémité aborale de l'un se trouvant en contact avec l'extrémité orale de l'autre. Le kyste renfermant ces couples est toujours très mince, tantôt appliqué contre les deux êtres et tantôt beaucoup plus grand (voy. fig. 4 et 5). Dans un cas (fig. 4) nous voyons ce kyste enveloppé d'un autre plus mince et comme chiffonné; cette production de kystes membraneux intérieurs les uns aux autres n'est pas un fait rare chez les Gymnodinium.

La segmentation qui s'opère à l'intérieur de ces kystes, en admettant le générateur comme donnant naissance à deux êtres qui seront semblables à lui-même, soulève dans le cas de la présence d'un produit cytoplasmique spécial comme l'œil de Gymnod. Polyp., une question intéressante. Comment se fait le dédoublement ou plutôt le *doublement* de l'organe? Pour résoudre cette question de physiologie cellulaire fort intéressante et sur laquelle les anatomistes paraissent avoir peu insisté, il faudrait évidemment pouvoir suivre tout le processus de la segmentation. L'organe oculaire se dédouble-t-il comme fait un noyau? ou bien celui qui existait demeure-t-il affecté à un des

individus et un nouvel œil se forme-t-il de toutes pièces chez l'autre ?

Nous représentons un individu en scissiparité (fig. 3) qui à ce point de vue présente un certain intérêt. On remarquera d'abord le volume considérable des deux noyaux où le filament nucléaire affecte une disposition parallèle à l'axe des deux êtres. Cette particularité est d'autant plus visible que la diatomine a sensiblement diminué. L'être inférieur a un œil complet mais dont le corps pigmentaire paraît en partie engagé dans le cytoplasme appelé à constituer l'être supérieur. Celui-ci a un corps cristallinien normalement constitué de plusieurs globes réfringents rapprochés et formant un amas tout à fait semblable à celui de l'être inférieur; mais le corps pigmentaire fait défaut ou du moins n'est représenté que par un seul granule mélanique placé à quelque distance et dont la signification comme corps choroïdien reste par là même incertaine. On peut supposer qu'au cours de la scissiparité la masse pigmentaire et la masse cristallinienne sont appelées l'une et l'autre à se partager, tout en augmentant de masse, pour donner deux yeux. Il est également possible que l'œil primitif disparaisse, se fonde entièrement au cours du partage et que deux yeux nouveaux se constituent ensuite de toutes pièces. Ce sont là autant d'hypothèses que justifie l'ignorance profonde où nous sommes du mécanisme intime de la segmentation cellulaire. Celui-ci n'a été en somme étudié jusqu'à ce jour que sur des cellules présentant à la fois un cytoplasme sensiblement homogène et ayant de plus une configuration sensiblement géométrique. Mais le cas des êtres unicellulaires est beaucoup plus compliqué. Dès que le cytoplasme n'est plus sensiblement homogène, surtout dès que l'individu n'est plus symétrique autour d'un axe — et c'est le cas pour les Péridiniens — la segmentation s'accompagne nécessairement de phénomènes morphologiques, d'une *prise de forme*, si on peut s'exprimer ainsi, qui résultera soit d'un complément de parties existant déjà, par un phénomène analogue à ce qu'on observe dans les cas de régénération, soit d'une refonte totale de l'être primitif en une masse de forme plus simple, qui se divisera elle-même en deux moitiés reprenant progressivement la figure de l'être antécédent. Les choses se passent ainsi pour Peridinium divergens et d'autres Péridi-

niens cuirassés. Est-ce à l'un de ces deux processus que se ra tache la segmentation de Gymnod. Polyphemus ? Offre-t-elle ι type spécial, et comment, en particulier, se fait le dédoubleme de l'œil ? Nous sommes réduits ici aux conjectures. Nous savo seulement que cet œil présente selon les individus des degr d'organisation très différents et il n'est guère possible de tromper dans l'ordre chronologique qui doit les relier. Un stad le premier en date évidemment, montre le corps cristallini formé de la réunion de plusieurs globles fortement réfringen disposés en un amas dont le contour général a cependant dé une configuration nettement définie ; il est plus long que larg légèrement incurvé, toujours dans la même situation relativ ment à l'être. En même temps, le pigment qui coiffe cet am de sphères réfringentes est diffus, irrégulièrement étalé ; s'étend de tous les côtés dans le cytoplasme.

Un second stade (fig. 2, C) reproduit exactement la dispositi existant dans Gymnod. Polyph. v. roseum. Le cristallin est cla forme, légèrement incurvé. Il semble toutefois qu'on y disting la trace de sa formation aux dépens de plusieurs globes, accus par une sorte de limite visible entre la masse terminale arronc et le prolongement qui s'enfonce dans le pigment choroïdie On ne peut douter que les sphères primitives se soient fusio nées. — Le pigment de son côté n'est plus en amas irréguli s'étendant de divers côtés : il forme une calotte hémisphériq parfaitement limitée, comme le pigment rose dans l'espèce pı cédente.

On peut encore trouver un dernier degré de perfectionneme de cet organe oculaire. Outre les parties que nous venons d'i diquer, il existe en plus autour de la base du corps cristallinie à petite distance du bord de la calotte pigmentaire, une soı d'anneau incomplet de pigment d'un rouge un peu rabattu. No avons signalé plus haut l'existence d'un granule du même pi ment rouge à côté du pigment noir encore à l'état diffus. Si l' compare les deux figures (fig. 2, B et fig. 5) où nous avons r présenté ces dispositions telles qu'elles se sont offertes à no à plusieurs jours d'intervalle, on verra que le grain de pigme rouge signalé dans l'œil encore imparfait, occupe précisément place de l'anneau pigmentaire rouge sur l'œil arrivé à ce qu' doit considérer comme son dernier degré de perfectionnemeı

Nous avions antérieurement décrit et figuré (voy. II, p. 11 et 12), un Gymnodinium appartenant évidemment à l'espèce que nous avons dénommée plus tard *Gymnodinium Polyphemus* (voy. III, p. 5), où nous montrions le corps cristallinien composé d'une partie centrale pouvant être énucléée et chassée de la partie périphérique qui reste alors plissée sur elle-même (1). Ce Gymnodinium était en même temps complètement incolore. D'autres individus que nous avons rencontrés aussi, où la diatomine semblait en cours de disparition, permettent de supposer que Gy. Polyph. finit par devenir incolore, perdant ainsi son pigment végétal, en même temps qu'il revêt ce qu'on pourrait appeler un caractère d'animalité plus accusé. On ne perdra pas de vue que tout nous est inconnu du cycle évolutif des êtres qui nous occupent, et que par conséquent des formes même beaucoup plus dissemblables que celles que nous comparons ici, peuvent appartenir à la même espèce, et ne représenter que des âges ou des stades évolutifs différents.

L'étude de ces modifications intimes (disparition de la diatomine, etc.) chez des êtres essentiellement unicellulaires, l'existence chez eux, non seulement de produits intra-cellulaires, tels que nématocystes, mais de véritables appareils de tous points identiques à un œil, montre bien en quoi et à quel point la notion anatomique diffère de la notion purement histologique. La description de la cellule unique dont le Protozoaire est constitué, ne nous conduit pas plus loin que la description purement morphologique d'un Métazoaire quelconque, et ne nous enseigne rien sur les conditions de fonctionnement de la matière organisée. On peut dire qu'en face de cette cellule, tous les problèmes se posent que nous croyons généralement corrélatifs du seul jeu des organes, et ils se posent avec des difficultés nouvelles, en quelque sorte plus grandes. Nous n'avons aujourd'hui, sur l'anatomie et sur la physiologie cellulaires, que des connaissances justement équivalentes à celles que nous donnent l'anatomie descriptive des espèces animales et la physiologie de leurs appareils ;

(1) Ce fait ne suppose pas nécessairement l'existence d'une membrane distincte, mais simplement une densité plus grande de la surface, particularité qu'il est fréquent de rencontrer dans une foule d'éléments anatomiques et même dans des cellules, où cette couche plus dense et plus résistante du cytoplasme à la périphérie, ne doit pas être confondue, comme on l'a fait souvent par erreur (pour les hématies, etc....), avec une membrane cellulaire.

nous ne connaissons guère des cellules que leurs propriétés purement morphologiques. Quant à leur physiologie, nous croyons à la vérité connaître le fonctionnement de tels ou tels éléments, fibres nerveuses ou fibres musculaires, parce que, pour les besoins de l'étude et par une tendance presque naturelle à la simplification, nous ne voyons dans le jeu de ces parties que la fonction exclusive que nous leur attribuons et qui n'est en somme que leur *fonction dominante.* Tous les éléments anatomiques, on peut le dire, présentent des phénomènes aussi nombreux et aussi complexes que l'être unicellulaire ; ils jouissent de toutes les propriétés vitales à la fois, seulement avec des intensités diverses. Chez le Protozoaire, où tout est réuni, où toutes les fonctions que nous répartissons aux divers éléments anatomiques, sont condensées en quelque sorte dans un seul et unique corps cellulaire, il faut bien qu'il en soit ainsi. C'est alors qu'il devient bien évident que la base même de la biologie en définitive est non pas dans la détermination plus ou moins exacte de la constitution cellulaire, comme le croient trop aisément les histologistes qui ne voient rien au delà de la morphologie des tissus, mais réside dans la constitution même et le fonctionnement de la matière vivante, indépendamment de toute condition morphologique, dans ce que Ch. Robin appelait l'*état d'organisation.* — Ce qu'est l'état d'organisation, nous l'ignorons profondément, mais c'est de ce côté qu'il importe de diriger toute notre attention. Et sous ce rapport, les êtres unicellulaires semblent particulièrement propres à nous donner l'idée nette de son importance et de la manière dont il domine réellement toutes les questions biologiques.

Avons-nous besoin de nous justifier d'avoir donné le nom d'*organe oculaire* à l'appareil complexe, très uniforme, toujours orienté de même, que nous venons de faire connaître sur les diverses variétés de G. Polyphemus, toute réserve faite sur l'emploi de cette expression «organe», appliquée à un produit intracellulaire? La question est de savoir si ce produit doit être considéré comme fonctionnant à la façon d'un organe. Nous ne reviendrons pas sur les différents aspects de cette question antérieurement traitée par nous (voy. II, p. 12 et suiv.). Nous nous bornerons à faire remarquer, une fois de plus, la similitude complète, absolue de cet organe avec les appareils visuels

de nombre d'Arthropodes, de Vers, en particulier de Turbellariés, similitude telle que tout anatomiste, tout micrographe ignorant l'origine de cet appareil, l'attribuerait sans hésitation à une des catégories d'animaux que nous venons d'énumérer. Le fait pourra prendre ici un certain intérêt en ce que les êtres chez lesquels nous décrivons cet appareil, sont regardés aujourd'hui par la plupart des naturalistes qui s'en occupent, comme devant être classés parmi les végétaux, ainsi que nous l'avons annoncé dès le début de nos recherches. Ce serait seulement une raison nouvelle d'effacer la distinction arbitraire autrefois établie entre les deux prétendus *règnes*. L'absence de système nerveux sensitif ne saurait être une objection, puisqu'il faut considérer chaque particule du cytoplasme comme primitivement sensible, de même qu'elle est primitivement mobile.

L'appareil que nous décrivons dans G. Polyphemus, n'a d'autre part rien de commun avec la tache pigmentaire rouge que peuvent présenter nombre de Péridiniens, et que nous avons décrite avec détail sur certains Glenodiniums. Une masse sphérique de pigment rouge dont l'existence, les dimensions, la place même au sein du cytoplasme, ne paraissent pas constantes, ne saurait être assimilée à un appareil comme celui que nous décrivons dans Gymn. Polyphemus.

Il est d'usage aujourd'hui de désigner ces amas de pigment rouge comme *substances de réserve*. Peut-être abuse-t-on quelque peu de cette dénomination. En tout cas, si on peut sans invraisemblance l'appliquer à des masses amorphes de substance se produisant au sein du cytoplasme, comme un grain d'amidon, d'aleurone ou une gouttelette d'huile, il serait contraire à toute méthode scientifique d'étendre la même dénomination à un appareil formé de parties complexes (sortes d'organes premiers), agencées suivant des rapports nettement définis. Il y aurait juste autant de raisons pour appeler aussi les nématocystes, des substances de réserve.

Les Péridiniens munis d'appareil oculaire offrent-ils une sensibilité spéciale à la lumière? Nous ne pouvons répondre à cette question. Le petit nombre des individus observés jusqu'ici ne nous a permis naturellement aucune expérience. D'autre part, il est très certain que nombre de Péridiniens dépourvus de cet appareil, et même de tache oculaire, se dirigent très énergi-

quement à la lumière; de même aussi on peut trouver parfois, et en grand nombre des individus de ces espèces généralement sensibles à la lumière, sur lesquels la lumière semble n'exercer aucune influence.

GYMNODINIUM MUSÆI Danyz (espèce d'eau douce) (fig. 6).

Je ne m'étendrai point ici sur cette espèce d'eau douce que M. Danyz a découverte dans les bassins du Muséum de Paris et qu'il se propose de décrire en détail. Je ne signalerai que la forme de l'organe oculaire de ce Gymnodinium intéressant par son habitat, puisqu'on ne connaissait jusqu'à ce jour, vivant dans l'eau douce, que des Péridiniens munis d'un test (genres *Peridinium* et *Ceratium*).

Nos observations ont été faites au commencement du juin 1886. G. Musæi mesure environ 20 μ de long sur 15 μ de large, c'est donc un Péridinien de petite taille. Il a la forme nettement péridinienne. On trouve en même temps des kystes ovoïdes (fig. 6, C) à mince paroi, plus grands et qui mesurent 25 à 30 μ de long. Dans ces kystes on peut apercevoir trois ou quatre petits Péridiniens en formation et nettement reconnaissables à leur organe oculaire.

G. Musæi a généralement la partie antérieure du corps moins large et moins longue que la postérieure. Le sillon transversal est circulaire, ses deux extrémités se rejoignent sensiblement. Le sillon longitudinal est peu accusé. Le corps de l'être est notablement déprimé, en grande partie transparent. Le noyau se voit mal. Le cytoplasme contient des globules sphériques présentant la couleur verte de la chlorophylle, particularité que nous n'avions observée jusqu'à présent que sur *Protoperidinium viride* Pouchet (voy. II, p. 27).

Ce qui distingue spécifiquement G. Musæi, avec sa forme et ses dimensions, c'est l'existence et la forme d'un organe oculaire qu'on ne peut ici non plus regarder comme une simple tache; mais qui est loin, d'autre part, de présenter la complication et l'importance de l'appareil oculaire chez G. Polyphemus. Ce que nous appelons l'organe oculaire chez G. Musæi est formé de deux bâtonnets rouges accolés, rappelant un peu l'œil frontal de certains Nauplius. Ici, toutefois, les deux traits sont rectilignes et légèrement séparés. Leur diamètre est d'environ 1 μ

et leur longueur de 2 à 3 μ. La position de l'organe est constante : les deux traits rouges sont orientés suivant l'axe de l'être, ils sont au voisinage immédiat de la surface, du côté ventral, sous le sillon longitudinal.

On devra, jusqu'à nouvel ordre, rapporter à la même espèce des kystes que nous avons rencontrés dans des eaux provenant des environs de Paris. Ces kystes ovoïdes à extrémités obtuses, contenaient un Péridinien, vraisemblablement un Gymnodinium, un peu plus grand à la vérité, et d'une forme un peu différente de celle des individus recueillis au Muséum. Le cytoplasme est jaunâtre avec quelque point de pigment orangé. Le noyau est bien visible, présentant des ponctuations fort nettes.

Il y a aussi un organe oculaire composé de deux bâtonnets de pigment rouge; ces bâtonnets observés avec un fort grossissement sont à extrémités arrondies, l'antérieure étant un peu plus large (fig. 6, E). Dans un cas, nous voyons en arrière des deux traits rouges, et comme dans leur prolongement, deux autres traits beaucoup plus fins, et qui semblent le début d'un nouvel organe oculaire. Peut-être assistions nous là aux préliminaires d'une segmentation. Nous renvoyons à ce que nous avons dit plus haut.

GYMNODINIUM PUNCTATUM Pouchet (fig. 7).

Nous donnons ce nom à un très petit Gymnodinium qui pourrait par ses dimensions prendre place à côté de Gymnodinium pulvisculus (voy. II, p. 32). C'est une espèce marine. Nous la signalons ici, parce qu'elle présente aussi une tache ou point rouge, mais que nous ne prétendons pas, d'ailleurs, assimiler à l'organe oculaire de G. Polyphemus, ni même au double trait rouge de G. Musæi.

Le petit Gymnodinium qui nous occupe, s'est offert à nous en très grande abondance. Il est très vivement attiré par la lumière. Il mesure 10 μ de long. Sa forme rappelle à peu près G. pulvisculus. Le corps cellulaire est hyalin, avec quelques très rares et très petites granulations. Elles forment communément un groupe au nombre de trois ou quatre. Parmi celles-ci il en est une rosée, à contours mal accusés, comme si le pigment rouge

quemeat à la lumière; de même aus ... 'e brun (di
en grand nombre des individus ... ne de l'
sensibles à la lumière, sur lesque ... uiss
aucune influence.

GYMNODINIUM MUSÆI Dany ... pparai.

Je ne m'étendrai point i ... pour les dimen
M. Danyz a découverte da ... pas rares dans le
qu'il se propose de décr ... ois en assez grand
forme de l'organe ocul ... queux dont nous avons
son habitat, puisqu' ... ment des mues d'Appen-
dans l'eau douce, q ... a tache rouge ordinaire de
Peridinium et *Cera* ... dernier est surtout dans ce fait
Nos observatior ... accompagné de formes plus petites
G. Musæi mesur ... onfiguration péridinienne et où il est
donc un Périd ... ne pas voir des représentants de l'es-
ridinienne. O ... plus jeunes, en tous cas plus petits, mesu-
à mince pa ... Beaucoup se présentent avec une forme sim-
Dans ces k ... e plutôt que péridinienne; on voit aussi qu'ils sont
diniens ... t déprimés et en même temps légèrement arqués, en
gane oc ... qu'une des faces est convexe et l'autre plutôt concave,
G. M ... se creusant d'un sillon transversal. L'apparence du cyto-
large ... plasme est la même, mais l'identité, indépendamment du voisi-
est ... nage et de toutes les formes de passage, est attestée par le groupe
L ... de fines granulations où se distingue la granulation rose avec
les mêmes caractères.

Plusieurs de ces petits êtres ovoïdes laissent voir un cil dont la place d'insertion semble varier selon les individus. Peut-être est-ce tantôt l'un, tantôt l'autre des deux cils qu'ils doivent normalement posséder, qu'on voit à cette époque (fig. 7, CC).

Nous ne perdons pas de vue qu'en décrivant ces individus ovoïdes plus petits, comme l'état jeune de Gymn. punctatum, nous supposons un mode évolutif qui diffère de tous ceux que nous avons indiqués jusqu'ici, et particulièrement de celui de G. pulvisculus, dont G. punctatum se rapproche par la taille. Il nous suffira de rappeler que nous avons déjà à diverses reprises et longuement insisté sur la grande variété d'évolutions aboutissant à la forme péridinienne, et nous ne devons en consé-

quence éprouver aucun étonnement d'avoir à en signaler une nouvelle.

Devons-nous attribuer à la même espèce une autre forme (fig. 8 et 9) que nous trouvons quelques jours plus tard (24 septembre) dans les mêmes récoltes, d'une taille plus que double, et avec des caractères assez différents, mais présentant une tache rouge allongée, constante, qui rappelle un peu celle de G. Musæi.

Ce Gymnodinium mesure 25 à 26 μ de long et 18 μ environ de large. Les deux éminences antérieures sont inégales, généralement plus étroites ensemble que la postérieure. L'être est assez fortement déprimé. Le corps est rempli de diatomine en grains, il est par conséquent jaunâtre. Le noyau n'est pas distinct.

Une tache rouge en forme de point d'exclamation occupe la même place que dans G. Musæi; son extrémité élargie se trouve à la hauteur du sillon transversal, puis le trait va en s'amincissant vers l'extrémité antérieure. Quelquefois au niveau de la grosse extrémité on voit plusieurs petites granulations très fines et très réfrangibles, comme celles que nous avons décrites plus haut. Il nous a paru dans certains cas que ces petites granulations pouvaient être rouges aussi. Sur quelques individus, plus rarement, le trait est arqué, et s'étend dans la partie postérieure; il se termine alors en pointe aux deux extrémités.

On trouve en même temps des corps fixes sphériques, qui sont évidemment un état de repos ou jeune du même être. Ces sphères mesurent 16 μ de diamètre. Elles présentent le même trait rouge de même forme, et on peut y voir aussi, vers son extrémité arrondie, les mêmes fines granulations foncées. L'assimilation est donc positive. Il est moins certain que les êtres qui se sont présentés à nous sous cette double forme, représentent un stade ultérieur de Gymn. punctatum tel que nous venons de le décrire, bien que les conditions où nous les avons rencontrés, puissent le faire supposer. Nous désignerons en conséquence provisoirement cette forme comme une variété de la précédente sous le nom de *Gym. punctatum*, var. *grammaticum*, pour rappeler la forme du trait rouge, assimilable à celle d'un signe d'écriture.

POLYKRIKOS AURICULARIA Bergh (fig. 10 à 13).

L'intérêt qui s'attache à Polykrikos auricularia est d'un ordre tout particulier. Nous y avons insisté (I, p. 53) et nous n'y reviendrons pas. Toutefois il nous a paru que sur un être aussi extraordinaire — qui, avec des affinités évidentes le reliant aux Péridiniens, présente des caractères d'une animalité supérieure — aussi rare et d'une observation aussi délicate, on ne pouvait trop multiplier les indications propres à éclairer sa véritable nature. Les conditions dans lesquelles de nouveaux individus se sont présentés à nous, quoiqu'étant absolument nouvelles, n'apportent il est vrai aucune lumière sur le devenir de cet être problématique. Nous n'avons pas moins cru de notre devoir de multiplier les descriptions et les figures des individus qui s'offraient. Nous rappelleron seulement que les noyaux peuvent être au nombre de deux (voy. II, pag. 53), ou de quatre (voy. I, p. 53), ainsi que l'existence déjà signalée par nous dans le cytoplasme rose, de vésicules sphériques, ou d'une masse rouge orangée.

Le 29 avril la pêche au filet fin présente plusieurs Polykrikos. J'en observe un dont la forme a ceci de particulier que la moitié postérieure du corps (l'antérieure dans le sens de la marche) a les dimensions habituelles, tandis que l'antérieure est moins large de moitié, avec une légère courbure et une légère torsion (fig. 10). Il y a quatre noyaux. La portion rétrécie a le nombre de segments et de noyaux normaux. — On pourra rapprocher l'apparence offerte par ces individus, de l'existence que nous signalons plus loin, de Polykrikos présentant seulement quatre segments et deux noyaux. Peut-être doit-on admettre qu'il s'agit dans le cas présent d'une réparation organique succédant à une segmentation ; le nombre normal des segments et des noyaux peut toutefois ici laisser quelque doute.

Le 30 avril un autre Polykrikos nous présente quatre noyaux également mais comme conjugués deux à deux, chaque groupe étant en forme de bissac. Il est probable que nous assistons ici à la segmentation des *deux* noyaux que présentent un certain nombre d'individus. Nous renvoyons à la description du Polykrikos à deux noyaux très nets observé par nous le 22 juillet 1883 et qui avait servi de type à notre première description (voy. I. p. 53).

Demi-Polykrikos (fig. 11). Il n'est pas très rare de trouver des individus qu'on pourrait désigner sous le nom de demi-Polykrikos, chez lesquels le nombre des segments et des noyaux offre d'ailleurs une constance remarquable. Le demi-Polykrikos n'a que quatre segments avec deux noyaux en bissac, doubles par conséquent, rarement quatre noyaux. L'extrémité antérieure et l'extrémité postérieure du corps ne présentent rien de particulier qui indique que ces demi-individus sont le produit d'une segmentation.

On peut observer dans ces demi-Polykrikos, aussi bien d'ailleurs que dans les autres une gouttelette jaune (de diatomine?) noircissant par l'action de l'acide osmique.

Un demi-Polykrikos trouvé le 2 mai offrait à côté des nématocystes qu'on y voit communément, une abondance extraordinaire de trichocystes, ou du moins de petits corps réfringents allongés, un peu recourbés, obtus aux deux extrémités. — Un autre présenta une tache de pigment rosé.

Inclusions. Une apparence beaucoup plus extraordinaire est celle que nous observons pour la première fois le même jour et que nous nous bornons à relater (fig. 12). L'individu renfermait à son intérieur un corps ovoïde volumineux qui avait dû se développer là à la façon d'un œuf. Ce corps présente une membrane d'enveloppe très distincte et sa substance est rosée comme le Polykrikos lui-même. Celui-ci tout gonflé mesure 140 μ de long sur 80 μ de large. Il se moule sur le corps ovoïde, tout en gardant ses caractères propres. Ses segments sont nettement reconnaissables aux sillons qui les limitent; l'antérieur et le postérieur ne sont nullement déformés. Les sillons donnent au contour de l'être un aspect crénelé, chaque créneau représente un sillon transversal. Les sillons intermédiaires sont à peine distincts. Les noyaux ne sont pas apparents, du moins nous ne parvenons pas à les découvrir et on peut admettre qu'ils se sont atrophiés par suite du développement du corps ovoïde inclus. Les autres parties constituantes qu'on trouve ordinairement dans le cytoplasme sont refoulées mais d'un côté seulement : ce sont des nématocystes, des granules jaunes et un globe jaune analogue à celui que nous avons signalé plus haut dans les demi-Polykrikos. L'être paraît susceptible de se déplacer légèrement, ce qui indique que quelque partie de flagellum doit subsister.

En faisant tourner ce Polykrikos sur lui-même on voit que le corps central n'est pas complètement ovoïde, mais légèrement déprimé d'un côté. Son contenu qui est rosé, granuleux, avec quelques granulations jaunâtres, semble divisé en cellules, mais comme on va le voir, cette apparence est propre à l'enveloppe.

Notre premier soin avait été de chercher à isoler cet être si extraordinaire. Dans le transport que nous en faisons, peut-être par suite d'un froissement de la pipette, il éclate et le cytoplasme se disperse en nuage comme c'est l'ordinaire pour les Gymnodiniums. Le corps ovoïde n'étant plus abrité subit l'influence de l'eau. Le contenu s'écarte de la paroi, d'un millième de millimètre environ. C'est alors qu'on peut nettement reconnaître que les prétendues divisions cellulaires remarquées tout d'abord, sont simplement des qualités de structure de la coque. Sur la face où elle se présente à nous, des traits très fins et cependant bien distincts, sont disposés comme l'indique notre figure 12. La symétrie est complète à droite et à gauche, mais elle ne l'est pas en avant et en arrière, c'est-à-dire selon le grand axe du corps ovoïde. On compte sept segments. Une des extrémités est occupée par un segment triangulaire dont les lignes de démarcation se réunissent et se continuent par un trait médian séparant trois segments d'un côté et trois de l'autre.

Ce cas d'inclusion — le plus remarquable que j'aie observé — n'est pas toutefois le seul. Un autre Polykrikos (fig. 13) s'est présenté demême avec un œuf (?) inclus, plus petit, également excavé d'un côté. On voit très bien les noyaux au nombre de quatre refoulés, deux en avant et deux en arrière. Dans la préparation à laquelle on procède en vue de fixer l'être, le corps inclus gonfle et fait perdre au Polykrikos sa régularité primitive. En même temps le contenu de l'œuf (?) subit un retrait considérable qui le réduit à une calotte hémisphérique. Notre figure 10 représente l'*état d'altération* que nous indiquons. Le contenu de l'œuf (?) a bruni par l'acide osmique et offre des grains irréguliers plus foncés.

Nous trouvons également un demi-Polykrikos considérablement gonflé et presque devenu sphérique par le fait d'une inclusion du même genre. Il mesure 80 μ sur 70 μ. On voit deux noyaux.

Mais ici le corps inclus ne paraît plus être un œuf mais plutôt un Crustacé ou un Rotateur. Du moins il semble qu'on ait sous les yeux une enveloppe chitineuse plissée, assimilable à celle d'une espèce de Rotifère qu'on trouve en abondance dans ce moment même sur la mer. Une partie plus jaune à l'intérieur de cette membrane pourrait être interprétée comme le résidu d'un foie.

Nous notons ici simplement ces observations, sans dissimuler l'embarras où elles nous ont plongé. Il fut d'autant plus grand, que les pêches aux filets fins apportaient en même temps un grand nombre d'œufs d'un Rotateur ayant à fort peu de chose près le même aspect que ces corps inclus, la même coloration, avec les mêmes gouttelettes jaunâtres. A la vérité ils étaient sphériques sans dépression marquée, et surtout on n'y retrouvait pas le dessin stellaire du premier corps observé. Jamais, d'autre part, nous n'avons trouvé dans Polykrikos, pas plus que dans tout autre Péridinien, aucun exemple de corps étranger morphologiquement défini, qu'on pût supposer avoir été absorbé par lui. Le plus petit des corps inclus que nous ayons observé, mesurait 30 μ dans un Polikrikos large de 60 μ. Il faudrait admettre en ce cas que le corps continue de s'accroître. Mais, d'autre part, avec ces dimensions il ne saurait plus être question d'œuf de Rotateur.

Nous répétons que nous livrons les faits qui précèdent, comme de simples observations, attendant de l'avenir les lumières permettant d'en donner une interprétation rationnelle. S'agit-il ici d'un simple accident d'absorption, ou d'un fait de parasitisme, ou sommes-nous en présence d'un phénomène évolutif? Nous ne pouvons le dire, quant à présent.

Concarneau, septembre 1886.

BIBLIOGRAPHIE.

I. POUCHET. — *Contribution à l'histoire des Cilio-flagellés.* (*Journal de l'Anatomie*, 1884.)

II. POUCHET. — *Nouvelle contribution à l'histoire des Péridiniens marins.* (*Journal de l'Anatomie*, janv.-fév., 1885.)

III. POUCHET. — *Troisième contribution à l'histoire des Péridiniens.* (*Journal de l'Anatomie*, nov.-déc. 1885.)

IV. BÜTSCHLI. — *Einige Bemerkungen über gewisse Organisationsveshältnisse der sog. Cilioflagellaten und der Nocticula.* (Morph. Jahrb., 1885.)

V. V. BERGH. — *Neue Untersuchungen über Cilioflagellaten.* (Kosmos, 1884. I. Bd., p. 385.)

EXPLICATION DES PLANCHES IX ET X.

Comme dans les mémoires précédents (I, II, III), le grossissement est uniformément de 500 diamètres.

FIG. 1. — *Gymnodinium Polyphemus* var. *roseum* Pouchet. Deux individus vus par les faces opposées.

FIG. 2. — *Gymnodinium Polyphemus*, var *nigrum* Pouchet. — A, individu normal, œil encore non entièrement formé; — B, autre individu, même état de l'œil, enkysté; — C, autre individu enkysté, œil complètement développé.

FIG. 3. — *Gymnodinium Polyphemus* var. *nigrum* Pouchet. Deux individus en cours de scissiparité (?) dans un kyste très étroitement appliqué sur eux.

FIG. 4. — *Gymnodinium Polyphemus* var. *nigrum*. Individus conjugués dans un double kyste.

FIG. 5. — Œil de *Gymnodinium Polyphemus* var. *nigrum*, isolé, grossi, pour en montrer les détails : le corps cristallinien, l'amas pigmentaire choroïdien, l'anneau de pigment rouge.

FIG. 6. — *Gymnodinium Musæi* Danyz. — AB, deux individus; — C, kyste contenait quatre jeunes, reconnaissables à la disposition de l'organe oculaire; — D, individu enkysté appartenant peut-être à la même espèce; — E, disposition et forme des deux bâtonnets principaux, vus à un grossissement plus considérable.

FIG. 7. — *Gymnodinium punctatum* Pouchet, à différents états. — A, individus normaux, l'un avec globule de diatomine; — B, individu mal formé; — CC, individus jeunes montrant un flagellum implanté soit latéralement, soit à l'extrémité de l'axe.

FIG. 8 et 9. — *Gymnodinium punctatum* var. *grammaticum* Pouchet.

FIG. 10. — *Polykrikos auricularia* piriforme.

FIG. 11. — Demi-Polykrikos.

FIG. 12. — *Polykrikos auricularia* contenant un corps ovoïde de grande dimension. Aspect naturel.

FIG. 13. — *Polykrikos auricularia* contenant un corps ovoïde de moindre dimension et traité par les réactifs. La substance du corps ovoïde est en partie rétractée sur elle-même.

ERRATUM : Au bas des planches, au lieu de *J. Barrois ad nat...*, lisez *Pouchet ad nat. del.* et *Millot sculp.*

RECHERCHES

SUR LA

STRUCTURE DES FIBRES MUSCULAIRES

CHEZ LES EDRIOPHTALMES (ISOPODES ET AMPHIPODES)

Par le Dr R. KOEHLER,

Chargé d'un Cours complémentaire de Zoologie à la Faculté des sciences de Nancy.

(PLANCHE XI).

Je me propose d'étudier dans ce travail le mode de groupement des éléments contractiles qui constituent la fibre musculaire des Isopodes et des Amphipodes, et la disposition de ces éléments par rapport aux cellules dans lesquelles ils se sont développés, laissant de côté l'étude des caractères histologiques propres de ces fibres, lesquels ne présentent d'ailleurs rien de particulier. Ces caractères histologiques se reconnaissent facilement sur les dissociations; les dispositions et le mode de groupement des éléments contractiles doivent être recherchés au contraire sur des coupes transversales des faisceaux musculaires.

Rappelons d'abord en quelques mots les dispositions ordinaires et le mode de développement des fibres musculaires. Les frères Hertwig, dans leur célèbre mémoire sur la théorie du Coelome, ont montré qu'il y avait lieu d'établir une distinction importante entre les fibres musculaires épithéliales, c'est-à-dire développées aux dépens de cellules mésodermiques disposées en forme d'épithélium régulier, et les fibres mésenchymateuses bien distinctes des précédentes par leur origine embryogénique et par leurs caractères chez l'animal adulte. Nous n'avons à nous occuper ici que des premières. On sait que la substance contractile qui apparaît dans une cellule myogène peut envahir la cellule tout entière, de telle sorte que chez l'adulte on ne retrouve plus que de faibles traces de protoplasma entourant les noyaux plus ou moins nombreux que présente le faisceau primitif développé aux dépens de la cellule myogène. Mais dans d'autres cas, une portion plus ou moins considérable du proto-

plasma ne se transforme pas en substance contractile et persiste en conservant les mêmes caractères chez l'animal adulte où on le retrouve dans le faisceau primitif. C'est ce qui arrive chez les Hirudinées (fibres lisses) et dans un grand nombre de cas chez les Insectes (fibres striées). Or, lorsque cela arrive, le protoplasma avec ses nombreux noyaux occupe la partie centrale du faisceau primitif et se trouve enveloppé comme d'un manchon par la substance contractile, divisée ou non en cylindres primitifs. Quel que soit d'ailleurs la manière d'être du protoplasma de la cellule myogène vis-à-vis de la substance contractile chez l'animal adulte, nous savons que la substance musculaire apparaît toujours dans la région périphérique de la cellule, sous la membrane, tantôt sous forme d'une bande continue, tantôt sous forme d'éléments isolés mais très serrés correspondant aux fibrilles ou aux cylindres primitifs, puis gagne de proche en proche la région centrale de la cellule myogène, le protoplasma devenant de moins en moins abondant à mesure que la substance contractile devient plus importante et gagne en épaisseur.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que dans un faisceau primitif renfermant encore une certaine quantité de protoplasma embryonnaire non différencié, celui-ci occupe l'axe du faisceau et soit enveloppé par les éléments contractiles. Même chez les animaux où les fibres musculaires offrent des dispositions anormales, chez les Nématodes et les Echinorhynques, par exemple, la substance contractile prend toujours naissance dans la région périphérique de la cellule myogène : elle peut se développer sur toute la surface de la cellule ou se localiser sur un espace plus ou moins étendu de la périphérie, mais elle n'est jamais enveloppée par le protoplasma de la cellule dans laquelle elle s'est développée.

Or chez les crustacés Edriophtalmes (Isopodes et Amphipodes) les choses se passent d'une manière toute différente. La substance contractile est située dans la région centrale de la cellule musculaire du faisceau primitif, et se trouve entourée d'un manchon plus ou moins épais de protoplasma qui s'étend entre la substance contractile et le sarcolemme. Ainsi donc chez les Isopodes et les Amphipodes, les relations respectives des éléments contractiles et du protoplasma de la cellule myogène se trouvent être inverses de ce qu'elles sont dans les fibres mus-

culaires des autres animaux. Il ne s'agit ici, bien entendu, que des fibres musculaires épithéliales, les fibres mésenchymateuses des Crustacés ayant une disposition bien différente et qui est connue de tout le monde.

J'ai déjà décrit et figuré cette disposition des fibres musculaires chez le *Gammarus pulex* dans un mémoire concernant le cerveau de cet Amphipode (1), et j'ajoutais, à ce propos, que la même structure existait également chez les autres Amphipodes et chez les Isopodes. Seulement le nombre, les dimensions et le développement des éléments contractiles, les dimensions des cellules musculaires, l'abondance du protoplasma qui persiste dans les cellules et le nombre des noyaux qu'il renferme, présentent, suivant les genres, des variations importantes. J'ai donc étudié la disposition des muscles chez un certain nombre de types d'Edriophtalmes et j'ai choisi, parmi les Amphipodes : *Gammarus pulex*, *Talitrus saltator*, *Amphitoe littorina*, *Mœra grossimana*, *Anonyx Edwardsii*, *Dexamine spinosa*, *Phronima sedentaria* et *Thyropus ovoïdes;* parmi les Isopodes : *Spheroma serratum*, *Lygia oceanica*, *Idothea linearis*, *Conilera cylindracea*, *Cirolana Cranchii*, *Anilocra mediterranea*, *Nerocila bivittata* et *Asellus aquaticus*. Ces espèces appartiennent à des groupes assez différents pour qu'on puisse se faire une idée des variations que peuvent présenter les éléments musculaires chez les Edriophtalmes.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, le mode de groupement des éléments contractiles et les rapports de ces éléments avec le protoplasma de la cellule myogène se reconnaissent sur les coupes transversales. J'ai donc choisi des muscles dans lesquels les cylindres primitifs, disposés bien parallèlement les uns aux autres, pouvaient être facilement intéressés par des coupes transversales. Or les muscles qui s'insèrent au sommet de la tête de chaque côté de la ligne médiane et qui se rendent aux pièces buccales, muscles qui sur les coupes se trouvant en arrière du cerveau et de chaque côté de l'estomac, remplissent parfaitement ces conditions; en faisant des coupes horizontales parallèles à un plan tangent à la face dorsale de la tête, on obtient très facilement des coupes transversales de ces muscles. Il était

(1) *International Monatsschrift für Anatomie und Physiologie*, 1887. Bd. IV, Heft. 1.

d'ailleurs avantageux pour établir des comparaisons de choisir un groupe de muscles déterminé et d'étudier toujours le même groupe chez les différents types d'Amphipodes et d'Isopodes.

J'étudierai successivement les fibres musculaires des Amphipodes et des Isopodes. Comme j'ai représenté les muscles de la plupart des espèces indiquées plus haut, les descriptions pourront être très courtes et se réduire à des explications détaillées des dessins qui accompagnent ce mémoire.

Amphipodes.

Gammarus pulex (fig. 3). — Les fibres musculaires offrent un groupement assez régulier. Chaque faisceau primitif comprend de dix à trente cylindres primitifs occupant la partie centrale de la cellule musculaire, et formant un paquet entouré de toutes parts par un protoplasma clair. Les fibres musculaires se présentent en coupe transversale sous forme de champs quadrangulaires ou arrondis, limités par le sarcolemme. Les faisceaux sont appliqués les uns contre les autres et ne laissent libres entre leurs angles arrondis que des espaces très étroits remplis par du tissu conjonctif. Les cylindres primitifs sont très distincts les uns des autres et sont séparés par des bandes protoplasmiques. Leur coupe est triangulaire ou quadrangulaire. Les noyaux sont assez volumineux : on en rencontre de quatre à huit sur la coupe transversale de chaque faisceau primitif. Ils sont situés dans le protoplasma qui entoure le paquet des cylindres primitifs mais ne pénètrent jamais au milieu de ces cylindres. Les cellules musculaires ont une largeur de $0^{mm},025$ à $0^{mm},030$.

Talitrus saltator (fig. 4). — Les cellules musculaires offrent en coupe transversale des champs moins réguliers que chez le Gammarus, et limités par des lignes sinueuses. Elles sont moins serrées et laissent entre elles des intervalles plus grands que chez ce dernier type. Les cylindres primitifs, de taille variable, sont beaucoup plus petits et plus nombreux, et ils forment un groupe moins compacte que chez le Gammarus : ils sont souvent appliqués contre une des parois de la cellule. Le protoplasma granuleux renferme des noyaux moins nombreux et plus petits que chez le Gammarus.

Amphitoe littorina. — Les champs musculaires sont un peu plus grands que chez le Gammarus; ils sont irrégulièrement polygonaux et un peu sinueux. Les cylindres primitifs, plus gros que chez le Talitrus, mais plus petits que chez le Gammarus, forment un groupe serré et compacte occupant les deux tiers de la cellule musculaire. Le protoplasma forme autour du groupe des cylindres une zone plus dense que dans le reste de la cellule; c'est dans cette zone que se rencontrent surtout les noyaux. Quelquefois l'un de ces noyaux pénètre au milieu des cylindres. Les cylindres primitifs ont tous à peu près les mêmes dimensions.

Moera grossimana (fig. 6). — La disposition des éléments se rapproche beaucoup de ce que nous avons vu chez le Gammarus, avec cette différence que les cellules musculaires sont plus petites. Elles se présentent sur les coupes sous forme de polygones à quatre ou cinq côtés, ayant de $0^{mm},012$ à $0^{mm},016$ de largeur. Les cylindres primitifs, plus nombreux que chez le Gammarus, offrent des dimensions moindres que dans cette espèce, mais ils sont plus serrés, plus régulièrement groupés, et ils ont tous la même grosseur. Ils forment un groupe bien défini dans la partie centrale de la cellule. Le protoplasma réticulé renferme des noyaux assez nombreux, situés de préférence sous le sarcolemme.

Anonyx Edwardsii. — Les cellules musculaires offrent sur les coupes transversales des champs un peu plus grands que chez la Moera, et limités par des lignes sinueuses comme chez le Talitrus. Les cylindres primitifs sont disposés comme dans cette dernière espèce, c'est-à-dire qu'ils sont disséminés assez irrégulièrement dans le protoplasma de la cellule sans former un groupe central compacte ainsi que cela arrive chez le Gammarus ou l'Amphitoe. Ces cylindres sont petits et ils offrent tous la même grosseur. Le protoplasma ne renferme que quelques noyaux.

Dexamine spinosa (fig. 9). — Dans cette espèce les éléments contractiles sont beaucoup plus petits que chez les autres types d'Amphipodes. Sur les coupes transversales, des cellules musculaires forment des champs ordinairement allongés suivant l'axe antéro-postérieur du Crustacé. Les cylindres primitifs sont réunis en un groupe qui occupe une grande partie de la cel-

lule ; ils apparaissent sous forme de fines granulations arrondies, très rapprochées les unes des autres. Le protoplasma réticulé ne renferme que quelques rares noyaux appliqués contre le sarcolemme.

Phronima sedentaria (fig. 5). — Les cellules musculaires un peu plus grandes que le Gammarus, se présentent en coupe transversale sous forme de polygones à quatre côtés. Les cylyndres primitifs nombreux et petits forment un groupe assez compacte. Le protoplasma est très abondant et offre ordinairement un réticulum très apparent ; il renferme plusieurs noyaux qui ne pénètrent pas au milieu des cylindres primitifs.

Thyropus ovoïdes (fig. 7). — Les muscles de la tête présentent les mêmes dispositions et le même mode de groupement que chez la Phronima, mais les muscles de la région abdominale qui forment une masse importante offrent une structure un peu différente et présentent quelques particularités dignes d'intérêt. Sur les coupes transversales de l'abdomen du Thyropus, on trouve un grand nombre de faisceaux primitifs coupés plus ou moins obliquement ; quelques-uns seulement se présentent en coupe transversale. Les muscles situés au voisinage du tube digestif présentent les mêmes dispositions que dans la tête : les cylindres primitifs forment un groupe irrégulier entouré d'une plus ou moins grande quantité de protoplasma ; les cellules ont un contour polygonal. Les autres fibres qui forment la portion la plus considérable de l'abdomen offrent la structure suivante : les faisceaux primitifs présentent sur les coupes transversales une section circulaire et ils laissent entre eux des espaces occupés par le tissu conjonctif. Les cylindres primitifs très petits, plus petits que dans les muscles de la tête, ne sont pas réunis en un groupe compacte mais sont plongés isolément dans le protoplasma de la cellule musculaire. Les cylindres n'occupent pas la cellule tout entière ; il reste toujours au-dessous du sarcolemme une mince couche de protoplasma qui ne renferme pas de cylindres primitifs et qui offre une épaisseur constante. Les noyaux volumineux sont plus gros que dans les muscles de la tête, et ils sont très nombreux. On les rencontre aussi bien au milieu des cylindres primitifs que dans la couche de protoplasma périphérique.

ISOPODES.

Spheroma serratum (fig. 8). — Les faisceaux primitifs ont des dimensions très variables. Ils se présentent en coupe transversale sous forme de champs arrondis, dont la largeur varie entre $0^{mm},003$ et $0^{mm},020$. Les cellules musculaires sont lâchement unies et laissent entre elles des espaces plus ou moins considérables occupés par le tissu conjonctif. Les cylindres primitifs sont très gros et très écartés. Leur nombre varie avec la taille des cellules qui les renferment. On en trouve une vingtaine dans les cellules les plus grosses, et seulement trois, deux ou même un seul dans les plus petites. Le protoplasma réticulé est très abondant. Les noyaux, assez gros, sont très nombreux et situés de préférence sous le sarcolemme.

Lygia oceanica (fig. 2). — Les faisceaux primitifs sont en général réunis par groupes et il est souvent difficile de reconnaître les limites exactes de chaque faisceau. Ces groupes, de taille et de formes variables suivant le nombre des faisceaux primitifs qu'ils renferment, sont séparés par du tissu conjonctif. Malgré ce rapprochement, cette coalescence des cellules musculaires, la disposition des éléments est très régulière. Les cylindres primitifs sont volumineux, souvent aussi gros que chez le Spheroma, mais ils sont plus serrés que dans cette dernière espèce. Leur coupe est triangulaire ou quadrangulaire. Ils se groupent de manière à ne laisser libre, dans la cellule musculaire qu'ils remplissent presque entièrement, qu'une mince couche de protoplasma périphérique dont l'épaisseur reste constante, et de laquelle partent les minces cloisons protoplasmiques qui séparent les cylindres les uns des autres. Les noyaux, qui ne se trouvent que dans cette zone périphérique, sont assez nombreux, mais ils sont fort petits et peu apparents.

Idothea linearis (fig. 12). — Les faisceaux primitifs, très serrés, ont une grosseur variable. Leur coupe offre un contour polygonal. Les cylindres primitifs un peu plus petits que dans les espèces précédentes, forment un groupe assez compacte qui remplit la plus grande partie de la cellule musculaire. Le protoplasma qui les enveloppe n'est pas très dense et il renferme de nombreux noyaux.

Conilera cylindracea (fig. 1). — De tous les Edriophtalmes que j'ai étudiés, c'est dans cette espèce que les faisceaux primitifs atteignent les dimensions les plus considérables. On peut en juger en comparant le dessin qui représente la coupe transversale de ces faisceaux chez la Conilera aux dessins relatifs aux autres espèces d'Isopodes et d'Amphipodes, en remarquant que les fibres musculaires du Conilera sont dessinées à un grossissement de 72 tandis que tous les autres dessins sont faits à un grossissement de 84. Les coupes transversales de ces faisceaux primitifs offrent des contours variables : ils se présentent en général sous forme de champs polygonaux, qui sont souvent allongés ; dans ce cas ils peuvent atteindre jusqu'à $0^{mm},08$ de longueur sur $0^{mm},030$ de large. Ils sont appliqués exactement les uns contre les autres et ne laissent entre eux aucun interstice. Les cylindres primitifs sont excessivement nombreux et ils remplissent presque entièrement la cellule musculaire, sauf une mince bordure de protoplasma périphérique, dans laquelle on ne remarque que quelques rares noyaux, moins gros que ne semble le comporter la taille remarquable de ces cellules. Cette bordure de protoplasma conserve partout la même épaisseur. Les cylindres primitifs, plus petits que chez l'Idothea, ont une coupe triangulaire ou quadrangulaire.

Cirolana Cranchii (fig. 10). — Les coupes transversales des faisceaux primitifs figurent des cercles à peu près réguliers, ayant un diamètre d'environ $0^{m},031$; leurs dimensions sont assez constantes. Ces faisceaux laissent entre eux des interstices assez larges remplis par du tissu conjonctif. Les cylindres primitifs sont extrêmement petits, réunis par groupes nombreux et ils remplissent la cellule musculaire en se développant presque sous le sarcolemme. On ne distingue plus ici cette bordure de protoplasma qui persistait chez le Conilera sur toute la périphérie de la cellule. Le protoplasma n'apparaît qu'en certains points sous le sercolemme, formant de minces traînées peu étendues, mais jamais d'enveloppe continue aux cylindres primitifs. Dans la masse des cylindres primitifs le protoplasme est également fort peu développé. Les noyaux sont nombreux ; ils sont ordinairement appliqués contre le sarcolemme ; quelques-uns pénètrent au milieu des cylindres primitifs.

Les cylindres primitifs étant excessivement petits chez le Ci-

rolana, on peut se demander si les éléments contractiles qui apparaissent en coupe transversale sous forme de fines granulations, sont des fibrilles isolées, ou bien des cylindres primitifs de dimensions très exiguës. D'après ce que j'ai observé sur les coupes longitudinales, il m'a semblé que ces fibrilles étaient bien réellement groupées en cylindres primitifs mais que ceux-ci ne renfermaient pas plus de deux ou trois fibrilles chacun.

Anilocra mediterranea (fig. 11). — Les cellules musculaires dont la coupe est polygonale ont une largeur de 0^{mm},030 à 0^{mm},05 environ. Les cylindres primitifs sont petits et ils forment un groupe assez compacte, mais qui n'occupe qu'une partie de la cellule, le reste étant rempli par un protoplasma peu abondant. Les noyaux appliqués contre le sarcolemme sont nombreux.

Les dispositions des fibres musculaires chez la *Nerocila bivittata* et chez la *Cynothoe æstroïdes*, sont les mêmes que chez l'Anilocra.

Asellus aquaticus. — Les éléments sont disposés comme chez l'Anilocre, avec cette différence que les cellules musculaires sont plus petites, et que les cylindres primitifs forment, relativement à la grosseur des cellules, une masse de substance contractile plus considérable que chez l'Anilocre.

Nous voyons par cette étude des fibres musculaires chez un certain nombre de types d'Edriophtalmes que toujours, chez ces Crustacés, la substance contractile occupe la région centrale du faisceau primitif tandis que le protoplasma non différencié en fibrilles lui forme une enveloppe périphérique. Le protoplasma qui persiste ainsi et qui entoure les cylindres primitifs peut constituer une couche plus ou moins épaisse, mais sa situation par rapport à l'élément contractile est toujours inverse de celle qui s'observe dans les muscles des autres animaux.

Si les relations de position entre l'élément contractile et le protoplasma de la cellule musculaire restent constantes chez les Amphipodes et les Isopodes, on observe en revanche des variations assez importantes dans la taille des cellules musculaires et des cylindres primitifs, dans le nombre de ces cylindres, dans la forme, le développement et l'importance de l'élément contractile relativement à la taille de la cellule musculaire et à

l'épaisseur de la couche de protoplasma périphérique; et enfin dans le nombre, la grosseur et la distribution des noyaux.

Il ne semble pas que les dimensions des éléments musculaires (cellules et cylindres primitifs qu'elles renferment) varient en raison directe de la taille des animaux, puisqu'on observe des faisceaux primitifs très gros chez la Conilera, plus petits chez la Cirolana et l'Anilocre, plus petits encore chez la Lygie et chez le Sphérome. Chez les Amphipodes on remarque aussi que les cellules musculaires sont plus grosses chez l'Amphitoe que chez le Gammarus. De même les cellules musculaires offrent une taille plus considérable chez les Gammarus Talitrus et Amphitoe que chez la Lygie, le Sphérome et même l'Idothée.

Les dimensions des cylindres primitifs varient beaucoup d'un genre à l'autre. Ils sont très gros chez la Lygie, le Sphérome et l'Idothée, un peu plus petits chez le Gammarus et chez la Conilera, plus réduits encore chez les Phronimides, l'Anilocre, le Dexamine, et surtout chez la Cirolana, espèce dans laquelle ils offrent leur minimum de grosseur. Quant au nombre des cylindres primitifs, il est extrêmement élevé chez la Conilera, tandis que chez le Sphérome on n'en observe souvent qu'un seul dans chaque cellule musculaire. Entre ces deux extrêmes on trouve de nombreux états intermédiaires, les faisceaux primitifs du Gammarus et de la Lygie renfermant un nombre relativement peu élevé de ces cylindres primitifs.

Si l'on compare la masse de la substance contractile développée dans une cellule au volume de cette cellule et du protoplasma qui reste non différencié dans la cellule, on trouvera que les faisceaux primitifs du Gammarus, du Talitrus, du Sphérome renferment peu de substance contractile relativement à la grosseur des cellules musculaires, tandis que chez les Conilera et Cirolana la substance contractile atteint un développement considérable, presque tout le protoplasma des cellules musculaires étant occupé par des cylindres primitifs. Chez la Lygie, l'Idothée, le Dexamine et le Thyropus (muscles abdominaux), l'élément contractile est un peu moins développé relativement à la taille des cellules musculaires.

Quant aux noyaux, ils sont généralement situés vers la périphérie, sous le sarcolemme; ils ne pénètrent que très rarement

au milieu des cylindres primitifs (Thyropus, Cirolana). La taille et le nombre de ces noyaux varient indépendamment de la grosseur des cellules musculaires et du développement de l'élément contractile. Ils sont en effet très petits chez la Lygie, volumineux chez la Conilera et le Thyropus, de dimensions moyennes chez l'Idothée, l'Anilocre, le Sphérome, le Gammarus. Ils sont plus nombreux chez les Gammarus, Moera, Sphérome, Idothea, Cirolana, que partout ailleurs.

Enfin il faut remarquer que les dispositions des fibres musculaires sont plus régulières chez les Amphipodes que chez les Isopodes. En effet, tandis que chez les Isopodes les dimensions des cellules et des cylindres primitifs, et le mode de groupement de ces derniers varient beaucoup d'un genre à l'autre, ces variations sont moins sensibles chez les Amphipodes. De plus, chez les Isopodes, les dimensions des cellules musculaires présentent souvent de grandes différences chez le même animal (Conilera, Idothea, Spheroma), tandis que chez les Amphipodes ces cellules offrent une plus grande régularité.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI.

Tous les dessins représentent des coupes transversales de fibres musculaires. Toutes ces coupes ont été dessinées à un même grossissement de 84 diamètres, sauf la coupe empruntée au Conilera (fig. 1) dont le grossissement est de 72 seulement.

Fig. 1. — *Conilera cylindracea.*
Fig. 2. — *Lygia oceanica.*
Fig. 3. — *Gammarus pulex.*
Fig. 4. — *Talitrus saltator.*
Fig. 5. — *Phronima sedentaria.*
Fig. 6. — *Mœra grossimana.*
Fig. 7. — *Thyropus ovoïdes.*
Fig. 8. — *Spheroma serratum.*
Fig. 9. — *Dexamine spinosa.*
Fig. 10. — *Cirolana Cranchii.*
Fig. 11. — *Anilocra mediterranea.*
Fig. 12. — *Idothea linearis.*

RECHERCHES

SUR LES

INSECTES VÉSICANTS

Par H. BEAUREGARD

(SUITE) [1]

(PLANCHES XII à XVII.)

I. — SPERMATOGÉNÈSE ET SPERMATOZOÏDES.

J'ai profité de ce que je possédais en assez grand nombre des Cantharides mâles, pour étudier la spermatogénèse chez cette espèce et apporter ainsi ma part aux connaissances générales que l'on doit sur cette question aux travaux de Siebold (44), Lavalette Saint-Georges (41), H. Landois (42), Butschli (43), Balbiani (45), et des plus récents auteurs.

Pour exposer l'ensemble de mes recherches, il me faut revenir un peu en arrière et donner quelques détails sur la structure intime du testicule, détails que j'avais négligés à dessein en parlant de cet organe, afin de ne pas compliquer la description que j'en faisais.

Si l'on examine la coupe transversale du testicule (fig. 1, pl. XII) passant par le canal déférent (2), on voit que ce canal se renfle à son extrémité terminale et que c'est sur ce renflement que sont insérées toutes les vésicules spermifiques ou tubes testiculaires. L'épithélium qui tapisse le conduit déférent et le réservoir central du testicule est composé de cellules cylindriques (fig. 2, pl. XII) à noyau ovoïde, hautes en moyenne de 19 μ. Au niveau (*o*) où chaque tube testiculaire débouche dans le réservoir, l'épithélium s'interrompt; ses cellules, devenues plus petites près de l'orifice, pénètrent quelque peu dans le col du tube testiculaire et font bientôt place à l'épithélium du tube. C'est ce que montre bien notre figure où

(1) Voir les n[os] 3 et 5.

(2) Toutes mes préparations ont été faites sur des pièces fixées par l'acide osmique ou par l'alcool absolu et colorées par le picro-carmin.

deux tubes sont représentés, s'ouvrant dans le réservoir, tandis qu'un troisième compris dans la coupe entre ces deux dernières est à son extrémité interne recouvert par l'épithélium.

Sur cette même coupe on voit que le testicule est enveloppé extérieurement par une couche de cellules qui tout à fait en dehors se disposent assez régulièrement pour figurer un revêtement continu. Plongées dans une substance fondamentale granuleuse et quelque peu fibrillaire (préparations fixées par l'acide osmique) ces cellules se prolongent en traînées entre les tubes testiculaires et dans ces traînées on voit les éléments diminuer progressivement de volume à mesure qu'ils avancent plus profondément entre les tubes qui en se rapprochant ne laissent plus entre eux qu'un très faible intervalle.

Quant aux tubes testiculaires, ce sont de longs sacs dont le fond élargi répond à la surface du testicule. Ils se rétrécissent peu à peu jusqu'à leur extrémité interne.

La paroi de ces tubes est constituée par une membrane hyaline à la face interne de laquelle se voient des cellules qui se présentent très différemment suivant les régions que l'on observe. Dans le fond des tubes, ces cellules sont de deux sortes: les unes, à noyau arrondi avec deux ou trois nucléoles brillants et pourvues d'un corps cellulaire granuleux dont les limites sont peu marquées, sont de petit volume et le diamètre de leurs noyaux ne dépasse pas 4 μ; les autres, au contraire offrent un noyau volumineux, sphérique (fig. 4 *o*, pl. XII) mesurant jusqu'à 10 μ de diamètre et pourvu de deux ou trois nucléoles; leur corps cellulaire, hyalin ou à peine granuleux, a des limites parfois très difficiles à voir. Ces grosses cellules sont éparses sans ordre apparent au milieu des petites, et parfois rapprochées les unes des autres.

Plus loin, vers les régions moyenne et interne des tubes, le nombre des grosses cellules sphériques diminue sensiblement; la surface de la membrane est alors tapissée de cellules épithéliales plates.

Telle est la structure des tubes testiculaires. Pour étudier le mode de développement des spermatozoïdes, il suffit, si l'on a des individus jeunes d'examiner un de ces tubes pour y suivre toutes les phases de l'évolution. C'est ce qu'il m'a été possible de faire et de répéter à loisir. Je rappellerai avant d'entrer dans

les détails de la spermatogénèse que les spermatozoïdes de la Cantharide, comme ceux d'ailleurs de tous les Vésicants que j'ai observés, affectent la forme de fils allongés, très fins, un peu ondulés et groupés en faisceaux fusiformes (fig. 13) très réguliers. Ces faisceaux sont plus ou moins renflés dans leur milieu et atteignent 90 à 95 μ de longueur, sur 15 à 20 μ dans leur plus grande largeur.

L'examen d'un tube testiculaire pris chez une Cantharide jeune permet d'observer au moyen de bonnes dissociations, les particularités suivantes : dans le fond renflé du tube, on aperçoit contre la face interne de la paroi, au milieu des grosses cellules à noyau sphérique que j'ai décrites, de petits groupes sphériques nettement isolés et composés de quatre ou six cellules (fig. 4, 5 et 6 *g*, pl. XI). Celles-ci ont la forme de pyramides et leurs sommets convergent de telle sorte que l'ensemble a une structure rayonnée très frappante ; on rencontre de ces groupes étoilés qui sont très petits et qui ne mesurent pas plus de 20 μ de diamètre. D'autres groupes composés du même nombre d'éléments atteignent au contraire 25 à 30 μ de diamètre. Une très mince couche protoplasmique granuleuse enveloppe ces groupes et renferme un noyau ovoïde rempli de fines granulations ; ce noyau occupe donc la périphérie du groupe sphérique de cellules pyramidales, et deux de ces cellules semblent souvent s'écarter un peu pour lui laisser place. En cherchant attentivement dans la même région du fond des tubes testiculaires, on trouve également de place en place parmi les grosses cellules sphériques quelques-unes d'entre elles qui offrent leur noyau en état de division (pl. XII, fig. 4 *o*). Enfin, j'ai pu observer dans plusieurs préparations (pl. XII, fig. 6) des groupes où les cellules avaient déjà l'apparence rayonnée et où l'un de leurs éléments que l'on apercevait sur la coupe optique se montrait en état de division et présentait un corps cellulaire cordiforme pourvu de deux noyaux écartés et séparés par l'étranglement. Il n'y a donc pas à douter que les grosses cellules sphériques du fond des tubes testiculaires sont susceptibles de se diviser pour former des groupes sphériques de cellules à disposition radiaire.

La suite de l'évolution de ces groupes est la suivante : on en voit à côté d'eux de plus volumineux qui mesurent 30 à 40 μ

de diamètre et qui renferment des cellules en nombre plus considérable. Je figure (pl. XII, fig. 8) un de ces groupes que j'ai choisi pour le reproduire, parce qu'il montre bien que la multiplication des cellules qui conduit à sa formation résulte d'un phénomène de division et non pas d'un bourgeonnement. Deux des cellules de ce groupe sont en état de division. On remarquera que cette figure n'est point une coupe, mais qu'elle reproduit la surface d'une sphère formée d'un amas de cellules enveloppé d'une fine couche de protoplasma granuleux.

Plus en dedans dans la cavité des tubes testiculaires et tout à fait au voisinage des précédents groupes sphériques, on rencontre des masses également sphériques, mais plus volumineuses et formées de cellules en nombre beaucoup plus considérable, mais plus petites, car elles ne mesurent plus que 8 à 9 μ de diamètre. Elles proviennent de la division des précédentes cellules et forment par leur assemblage des masses muriformes qui répondent aux *sphères spermatiques* que décrit Balbiani (1) (*loc. cit.*) chez les Aphides et qui ont été figurées à maintes reprises par les auteurs. La disposition radiaire de leurs éléments est encore apparente.

Une nouvelle division des cellules conduit à la forme de la figure 9, dans laquelle les cellules ne mesurent plus que 4 à 6 μ. Dès ce moment l'aspect des sphères spermatiques change. Elles s'allongent et prennent une forme un peu ovoïde. Enfin en même temps que cette forme s'accentue, les cellules se subdivisent encore et donnent lieu finalement à de très petits éléments, un peu polyédriques par pression réciproque, et qui sont les spermatoblastes proprement dits, car ils donneront chacun naissance à un filament spermatique. A ce moment (pl. XII, fig. 10 et 11), les striations, premier indice de l'apparition de ces filaments se montrent dans la masse devenue complètement fusiforme. Puis ces striations s'accumulent et prennent l'apparence de filaments tendus de l'un des pôles du faisceau au pôle opposé. En même temps, les spermatoblastes diminuent peu à peu de volume ; ils apparaissent bientôt comme des granulations qui s'espacent de plus en plus le long des filaments. En fin de

(1) Il est à noter que chez les Aphidiens, les sphères spermatiques sont groupées en certain nombre dans une enveloppe cellulaire commune pour former les kystes spermatiques.

compte, ces granulations disparaissent elles-mêmes, et le fuseau spermatique après n'avoir plus présenté que quelques épaississements visibles seulement à ses extrémités, n'est bientôt plus constitué que par un faisceau de filaments atténués à leurs extrémités et paraissant avoir même diamètre dans tout le reste de leur longueur.

On remarquera que ces faisceaux sont enveloppés d'une membrane où l'on distingue un et parfois deux noyaux granuleux, ovoïdes.

Avant d'aller plus loin, il me paraît nécessaire de revenir sur certains des phénomènes que j'ai indiqués. D'après Balbiani, chez les Aphides, les spermatoblastes se formeraient par bourgeonnement; toutefois, cet auteur « n'a pu constater la présence dans les sphères spermatiques d'une cellule centrale pouvant être considérée comme ayant donné naissance par bourgeonnement aux petites cellules de la périphérie. » De ce qui précède, il résulterait que les groupes de spermatoblastes proviennent chacun par divisions successives d'une des grosses cellules ou ovules mâles qui occupent le fond des tubes testiculaires.

La disposition radiée qui s'observe nettement dès les premières divisions, est d'autant plus intéressante à noter qu'elle reproduit un fait très général dans le mode d'apparition des spermatoblastes chez les vertébrés et les invertébrés. Par rapport au développement des ovules mâles chez les Sélaciens (voir Herrmann) (46), il y a ici cette simplification que les ovules mâles ne se groupent pas pour former une ampoule spermatique, mais qu'ils évoluent séparément à la façon du mode décrit chez les Gastéropodes par Mathias Duval (47). Chez ces derniers les spermatoblastes forment des grappes, tandis que chez les Sélaciens ils forment des rayons, qui combinent leur action avec les rayons formés par les spermatoblastes des cellules mères voisines pour donner à l'ensemble de l'ampoule une structure radiée. Chez les insectes, ils forment des masses sphériques, et dans ces sphères, les spermatoblastes offrent une disposition radiée. Nous avons dit que cette structure radiée se conserve après les multiplications des stades suivants de l'évolution des spermatoblastes. Balbiani avait attiré l'attention sur cette disposition des éléments des sphères chez les Aphides.

Une compression légère, dit Balbiani, exercée sur les petites aggloméra-

rations celluleuses (sphères spermatiques) montre qu'elles ont une disposition visiblement radiée, et que les cellules composantes semblent converger vers le centre de l'amas par une de leurs extrémités effilée en pointe.

Il est un autre point sur lequel je désire attirer l'attention. C'est sur la fine couche protoplasmatique qui enveloppe la sphère spermatique dès le début de son évolution et sur le noyau qui se voit dans cette enveloppe (Balbiani figure chez les Aphides autour des kystes renfermant les sphères spermatiques une enveloppe formée de plusieurs cellules; mais il ne parle pas d'une enveloppe propre aux sphères spermatiques. En considérant que les sphères spermatiques des Vésicants peuvent être comparées chacune à un kyste renfermant une seule sphère spermatique, nous nous trouvons ramenés à la même structure, sauf qu'ici l'enveloppe est constituée, comme d'ailleurs chez la plupart des Coléoptères, d'une seule cellule).

Enveloppe et noyau persistent dans les phases successives de l'évolution des groupes de spermatoblastes; bien plus, on les retrouve à la surface des faisceaux fusiformes de spermatozoïdes développés. J'explique la présence de ce noyau et de cette enveloppe, de la manière suivante : puisque le noyau est apparent dès les premières phases de la division de l'ovule mâle ; il y a tout lieu de croire qu'il n'est que l'un des deux noyaux provenant de la division du noyau de l'ovule mâle. L'autre noyau, accompagné d'une partie seulement du protoplasma de l'ovule mâle, contribuerait par divisions successives comme l'observation me l'a démontré à former les spermatoblastes, tandis que la partie du protoplasma non employé, formerait au groupe de spermatoblastes l'enveloppe protoplasmatique qu'on retrouve à la surface jusqu'aux derniers stades du développement.

J'étais arrivé à cette conclusion avant de connaître les recherches de M. Gilson (48). Cet auteur admet lui aussi que la masse de protoplasma qui entoure la sphère spermatique et plus tard le faisceau de spermatozoïdes, représente la partie non employée du protoplasma de la cellule mère. Mais il regarde le noyau comme un des « noyaux femelles » de la cellule mère ; suivant M. Gilson en effet, la cellule mère des spermatoblastes serait une cellule multinucléée, et certains de ces noyaux participeraient à la formation des spermatoblastes en s'entourant chacun d'une portion de protoplasma de la cellule mère, tandis que

les autres noyaux restant à l'écart de ce processus se retrouveraient dans l'enveloppe protoplasmatique de l'amas de spermatoblastes. Ce que nous avons dit du développement des sphères spermatiques chez la Cantharide ne nous permet pas dans le cas particulier qui nous occupe d'admettre sur l'origine du noyau qui accompagne ces sphères l'opinion de M. Gilson. Nous n'avons jamais rencontré de cellule multinucléée. M. de Wielowieyski, dans une note récente sur la spermatogénèse des Arthropodes (49) en nie complètement l'existence, et pense que M. Gilson a été induit en erreur par la facilité avec laquelle sous l'influence des réactifs les cellules mères des spermatoblastes confluent entre elles et s'unissent en une masse renfermant autant de noyaux que de cellules soudées; — mais si je suis d'accord avec M. Wielowieyski sur l'absence de cellules multinucléées et sur le mode de formation des spermatoblastes par division binaire successive des cellules mères, il me paraît difficile d'admettre avec lui que l'enveloppe des sphères spermatiques et son noyau n'est qu'une cellule épitheliale enroulée sur elle-même pour former une capsule tout à fait fermée (1). L'auteur que je cite me paraît avoir été amené à conclure ainsi parce que chez certains Lepidoptères (*Vanessa Io* entre autres) le faisceau spermatique est enveloppé d'un épithélium constitué par des cellules aplaties, qu'il considère comme ayant même origine que les spermatoblastes qu'elles enveloppent. Je n'ai point eu l'occasion d'observer la spermatogénèse des Lépidoptères, et je ne mets pas en doute l'exactitude de cette manière de voir; mais pour la Cantharide, je persiste à penser que l'enveloppe des sphères spermatiques représente une partie du protoplasma de l'ovule mâle non employée à la formation des spermatoblastes et que le noyau qu'elle contient est l'un des noyaux provenant de la première division du noyau de cet ovule mâle. En supposant que ce noyau et ce protoplasma soit susceptible de se diviser par la suite, ils pourraient donner naissance à une enveloppe multicellulaire comme on la rencontre chez les Lépidoptères.

Pour ce qui regarde l'évolution des spermatoblastes à partir

(1) Pour Balbiani, le faisceau spermatique résultant de la transformation successive du contenu des kystes spermatiques, la paroi cellulaire de ce faisceau n'est autre que celle du kyste et résulte du dédoublement de la paroi de la capsule spermifique.

du moment où apparaît le filament spermatique, je n'ai rien à ajouter à ce que l'on sait déjà. Les figures que je donne montrent que dans chaque spermatoblaste, à côté du noyau, il existe dans le protoplasma un petit corps réfringent, sphérique. C'est de ce petit corps (*corpuscule céphalique, corps spermatogène* de Balbiani) que part un filament tenu absolument hyalin qui s'allonge en dehors du spermatoblaste; parfois, même (fig. 24 à 26) deux filaments partent côte à côte de ce même point. Dans un stade plus avancé, on voit dans le noyau et à sa périphérie apparaître un épaississement en forme de croissant qui embrasse à peu près la moitié de la circonférence du noyau. Cet épaississement se remarque par sa grande réfringence, et paraît pendant un temps absolument indépendant du filament. Mais en dissociant des faisceaux spermatiques plus avancés dans leur développement, on voit l'épaississement en question entrer en contact avec le filament spermatique. Dans ces mêmes préparations on trouve en même temps des filaments plus allongés, qui présentent sur toute la longueur des renflements hyalins en même temps que le spermatoblaste a complètement disparu. Ces formes ont déjà été décrites par les auteurs et je n'y insiste pas. Pour conclure, il m'a paru, en étudiant attentivement eette dernière phase de l'évolution des spermatozoïdes de la Cantharide, que ces éléments sont constitués finalement par le spermatoblaste tout entier dont la substance passe graduellement dans le filament spermatique.

II. — Organes males externes.

Avant d'entrer dans le détail des pièces qui forment l'appareil copulateur, il me paraît nécessaire de revenir en quelques mots sur la composition des insectes Vésicants, afin de montrer dans quels rapports se trouvent les orifices anal et génital.

L'abdomen de ces insectes comporte neuf urites et si les entomologistes n'ont pas toujours été d'accord sur le nombre de ces pièces squelettipues, ce me paraît être parce qu'ils ne les ont pas étudiées d'assez près.

Chez Meloe majalis, par exemple (ci-contre fig. 1), il n'y a il est vrai que huit tergites apparents et sept sternites seulement; mais au-dessous du huitième tergite et cachées complètement par lui, il existe un certain nombre de pièces qui forment un

neuvième urite et parmi lesquelles, on le verra tout à l'heure, on retrouve un tergite plus ou moins complètement développé. Quant aux sept sternites apparents, ils répondent aux sept der-

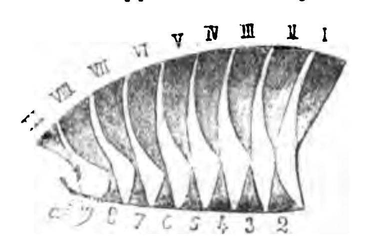


Fig. 1.
Schema de la disposition des zoonites de l'abdomen de Meloe majalis.

niers tergites, car le premier urite consiste en un tergite seulement, dépourvu de sternite. Les sept sternites en question doivent donc être comptés de deux à huit.

Chez la Cantharide (C. Vesicatoria) on compte huit tergites apparents et six sternites seulement. En effet, le premier urite est dépourvu de sternite et le premier sternite apparent répond à la fois aux deuxième et troisième tergites. Beaucoup plus grand que les autres, il résulte évidemment de la soudure des deuxième et troisième sternites en une seule pièce. Il existe donc encore ici, comme chez les Meloe et d'ailleurs chez tous les Vésicants (Mylabris, Epicauta, etc.) huit urites apparents. Le huitième urite qui semble terminer postérieurement l'abdomen cache en réalité un neuvième segment. C'est ce dernier qui va nous occuper maintenant.

1° **Mylabris melanura.** — Je prendrai pour premier type *Mylabris melanura*, insecte chez lequel le neuvième urite est particulièrement bien développé.

Lorsqu'on a enlevé successivement les sept premiers urites et que divisant avec précaution le huitième sternite par son milieu, on en tient écartés les deux lambeaux, on aperçoit, placés à la face inférieure du huitième tergite un certain nombre de petites pièces chitineuses noires qui forment par leur réunion un anneau complet dans lequel se voient l'anus et l'orifice génital (voir le diagramme ci-contre, fig. 2).

Ces pièces sont les suivantes : immédiatement au-dessous du huitième tergite et par conséquent dans la région dorsale mé-

diane, une lame cornée, noire, haute et large, recourbée en gouttière (9 T), à concavité inférieure, et dont le bord libre posté-

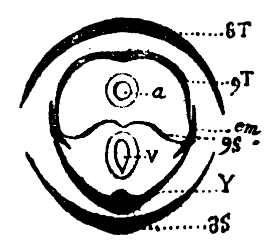


FIG. 2.

Diagramme de l'extrémité postérieure de l'abdomen de Mylabris melanura ♂.

rieur est hérissé de longs poils noirs (pl. XII, fig. 27). Cette lame représente évidemment, par sa situation comme par sa forme le neuvième tergite. C'est au-dessous d'elle et dans sa concavité que s'ouvre l'anus.

De chaque côté de ce tergite, et affrontant ses bords latéro-inférieurs, on voit une pièce irrégulièrement triangulaire (*em*), cornée et noire, dont l'angle au sommet dirigé en arrière est épaissi et mousse; sa surface porte de longs poils rigides noirs. Ces pièces sont les épimérites du neuvième zoonite, et elles donnent attache à une fine membrane (9 S) chitinisée incolore, couverte de petites saillies aiguës, qui s'étend transversalement d'un côté à l'autre, séparant ainsi à la manière d'une cloison l'orifice génital qui se trouve au-dessous d'elle, de l'orifice anal. Cette pièce représente-t-elle le neuvième sternite très réduit? je suis porté à le croire car chez certaines espèces, ainsi que je le montrerai tout à l'heure, elle présente un bord libre épais, cornéifié et coloré en noir, à la façon d'une pièce tégumentaire (1).

Enfin, tout à fait à la face ventrale, immédiatement au-dessus du huitième sternite, on trouve une pièce chitineuse (2), sorte de longue tige médiane (Y) épaisse dirigée parallèlement au grand axe du corps et qui, postérieurement, se bifurque en deux longues branches divergentes.

(1) D'ailleurs, d'après les recherches de M. de Lacaze-Duthiers, sur l'armure femelle des insectes (50), le neuvième sternite, lorsqu'il existe chez les Coléoptères, occupe la place de cette sorte de cloison chitineuse et sépare le rectum de l'orifice génital qui s'ouvre généralement entre le huitième et le neuvième zoonite.

(2) *Pièce anale inférieure*, d'après Strauss Durkheim (loc. cit.).

Cette pièce impaire affecte la forme de l'Y et, par son extrémité inférieure, est fixée à la base de l'organe copulateur. Des muscles rétracteurs s'y attachent. Chacune de ses branches se prolonge latéralement jusqu'à l'épiniérite correspondant sur lequel elle s'appuie. Enfin, entre ces branches, on voit une fine membrane chitineuse qui limite le bord inférieur de l'orifice génital et qui s'attache en dehors aux épimérites, en avant au huitième sternite. Cette membraue, hérissée de petites saillies aiguës, tant sur sa surface que sur son bord libre, est incomplètement divisée en deux lobes égaux par une fente médiane, et dans chacun de ces lobes, on voit le long des branches chitineuses de la pièce en Y des traînées noires cornéifiées, en même temps que d'autres traînées irrégulières se montrent aussi au point de bifurcation de ces branches. Ces traînées me paraissent indiquer que les deux lobes membraneux en question représentent des pièces du neuvième zoonite; probablement les épisternistes et les branches chitineuses qu'elles supportent seraient alors assimilables à des sternorhabdites qui, convergeant en avant, formeraient la tige médiane impaire.

De cette étude, il résulte donc que chez Mylabris melanura, l'orifice anal s'ouvre dans le neuvième segment et l'orifice génital à l'extrémité du huitième, par conséquent dans les mêmes rapports de situation que ceux qui ont été indiqués par M. de Lacaze-Duthiers (loc. cit.) pour les insectes du sexe femelle. Au premier abord cependant, ces deux orifices semblent s'ouvrir au même niveau, mais cette apparence n'est que le résultat, d'une part, du faible développement du neuvième sternite réduit à une cloison transversale membraneuse; d'autre part, des petites dimensions des épimérites, ainsi que de la réunion des épisternites et sternorhabdites en une pièce unique qui occupe la face ventrale.

Chez tous les Vésicants, on peut reconnaître dans l'organisation de l'extrémité postérieure de l'abdomen les mêmes caractères. Les différences siègent dans le développement plus ou moins grand des parties qui constituent le neuvième zoonite; mais comme ces différences peuvent apporter quelques éléments d'appréciation et appuyer la manière de voir que j'ai adoptée dans l'homologation des pièces susdites, je vais entrer dans quelques détails au sujet d'un certain nombre d'espèces.

2° **Stenoria apicalis.** — Chez *Stenoria apicalis* (pl. XII, fig. 28), je retrouve la même disposition que chez Mylabris melanura. Le neuvième tergite est une pièce chitineuse entière, cornéifiée, mais délicate et jaunâtre, hérissée de poils.

Les épimérites sont très grands, presque rectangulaires, mais la cloison qui représente le neuvième sternite est extrêmement délicate, au point qu'on ne pourrait songer à y voir une pièce tégumentaire, si l'on n'était guidé par les rapports de position. Enfin et ceci mérite une attention spéciale, les branches de la pièce en Y que nous avons assimilées aux sternorhabdites, sont très développées, coudées, appuyées contre les épimérites. En ce point, la membrane chitineuse qui les supporte se relève de chaque côté (pl. XII, fig. 28 *st* et 29) en une sorte de lobe un peu cornéifié à extrémité arrondie garnie de poils, dans lequel on reconnaît, à n'en pas douter, une pièce tégumentaire. La membrane chitineuse en question revêt donc bien toutes les apparences d'un épisternite, mieux développé que chez Mylabris melanura. Nous devons dire d'ailleurs que parmi les nombreuses espèces que nous avons étudiées, la Stenoria apicalis est la seule avec le Sitaris (voir plus loin) qui ait présenté cette différenciation. Ajoutons que dans cette espèce également les sternorhabdites se font remarquer parce que bien que convergeant en avant, ce n'est que près de leur extrémité, ou à leur extrémité même (fig. 29) qu'ils se joignent. Pendant la plus grande partie de leur trajet ils restent séparés, manifestant ainsi leur individualité primitive.

L'étude de Stenoria apicalis, me paraît donc particulièrement intéressante, en ce qu'elle apporte des preuves du bien fondé de l'interprétation de la pièce en Y et de la membrane qui la supporte, comme Sternorhabdites et Episternites.

3° **Sitaris humeralis** (pl. XII, fig. 30). — Chez cette espèce, le neuvième tergite est complètement atrophié. Par contre, les épimérites sont très développés et présentent la forme de deux valves un peu concaves, cornées, brunes, hérissées de poils. Les Sternorhabdites sont unis à la région ventrale en une tige épaisse relevée d'une crête saillante épaisse et dure qui se prolonge dans les deux branches. Ces branches s'étendent en arrière et en haut et atteignent les épimérites, en formant avec

eux et le tergite un cercle complet. Au point où les sternorhabdites arrivent de chaque côté au contact de l'épimérite, ils s'étalent en une extrémité élargie qui se fixe par sa face interne à la fine membrane chitineuse représentant les épisternites. Mais ici mieux peut-être encore que chez Stenoria apicalis, ces épisternites sont différenciés d'une façon très nette. On les voit, en effet, de chaque côté sous la forme d'une lame triangulaire à pointe postérieure obtuse qui, de chaque côté, s'applique contre la face interne des épimérites et déborde inférieurement pour se continuer dans la membrane qui limite à la face ventrale l'orifice génital.

En résumé, Sitaris humeralis et Stenoria apicalis, à part quelques détails secondaires, offrent dans la constitution de la partie postérieure de l'abdomen des caractères tout à fait semblables; j'ajoute qu'ils forment un groupe à part sous ce rapport dans la tribu des insectes Vésicants, ce qui n'est pas sans intérêt lorsqu'on réfléchit à leurs nombreux caractères communs.

4° **Cerocoma Schreberi** (pl. XII, fig. 31). — Cette espèce est beaucoup plus comparable à Mylabris melanura que les deux précédentes, parce que le neuvième tergite y est très développé quoique délicat et peu épais, mais il forme une pièce dorsale colorée en noir à son bord libre qui est droit ou légèrement concave.

Ce qui mérite d'attirer ici l'attention, c'est le développement de la cloison transversale médiane que nous rapportons au neuvième sternite. Chez ce Cerocome en effet, aussi bien d'ailleurs que chez Cerocoma Schœfferi que nous avons également étudié, cette cloison transversale est cornéifiée, brune sur tout son bord libre hérissé de poils. Elle est une preuve excellente qu'on a ici à faire à un sternite. Par contre, les branches de la pièce en Y sont courtes, obtuses et sont loin d'atteindre les épimerites.

5° **Meloe majalis** (pl. XII, fig. 32 et 34). — Cette espèce se rapproche de Mylabris melanura et des Cerocomes et Stenoria par l'existence d'un neuvième tergite bien développé (fig. 46) et représenté par une pièce médiane cornéifiée, noire, hérissée de poils sur son bord libre. Le neuvième sternite est également bien développé. C'est une lame à bord postérieur convexe, un peu cornéifiée et brune, relevée de petites éminences pointues.

Placée transversalement entre les épimérites, elle déborde en arrière, et forme comme une sorte de valvule qui semble pouvoir se rabattre sur l'orifice anal pour le fermer (fig. 33). Les épimérites sont également bien développés mais réunis en une lame membraneuse ventrale à bord postérieur libre, concave au milieu, de couleur noirâtre et couverte de poils. Les sternorhabdites forment une pièce en Y à branches postérieures très courtes. C'est d'ailleurs ce que nous allons rencontrer maintenant d'une façon constante chez tous les insectes que nous allons examiner. Il est à remarquer que le bord libre (pl. XII, fig. 32) de la pièce épisternale est profondément excavé en son milieu, ce qui donne encore à penser que cette pièce résulte de la soudure de deux lames symétriques, preuve nouvelle s'il en était besoin, de l'origine de cette partie du neuvième zoonite.

6° **Meloe americanus** (pl. XII, fig. 35). — Par d'autres espèces du genre Meloe et particulièrement par l'intermédiaire de M. Americanus, on passe à des Vésicants chez lesquels le neuvième urite se réduit à des proportions très minimes et où en particulier le neuvième tergite cesse d'être complet.

Chez Meloe Americanus en effet, le neuvième tergite est membraneux et incolore dans la partie médiane et ses angles seuls sont durs, chitinisés et noirs. Ils forment deux pièces à angle postérieur arrondi, disposées de chaque côté de la région dorsale du neuvième urite et unies par une fine membrane.

Les épimérites sont peu développés. Ils ont la forme de languettes cornées et donnent attache à un sternite membraneux un peu teinté de brun. Les sternorhabdites forment une tige chitineuse à branches postérieures courtes et épaisses. Les rapports d'ensemble de ces pièces abdominales sont les mêmes que précédemment.

7° **Epicauta verticalis** (pl. XII, fig. 36). Cette espèce offre les mêmes caractères que la précédente. Nous figurons seulement les épimérites et le sternite du neuvième urite, pour montrer que le bord libre de ce sternite coloré en brun foncé et hérissé de poils a bien tous les attributs d'une pièce tégumentaire.

Les stenorhabdites (fig. 37) sont complètement soudés en une tige rigide dont l'extrémité postérieure forme trois petites

branches courtes et épaisses dont la médiane prolonge le corps de la tige, tandis que les latérales vont en divergeant.

8° **Cantharis Vesicatoria** (pl. XII, fig. 38 et 39). — Même disposition générale ; les angles cornéifiés du neuvième tergite (9 T) et les épimérites sont toutefois un peu moins épais et plus larges. Le sternite (9 S) présente un bord convexe coloré en brun. Les branches de la pièce en Y sont très courtes.

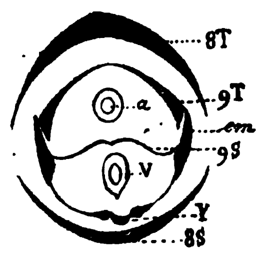


Fig. 3.
Diagramme de l'extrémité postérieure de l'abdomen de Cantharis Vesicatoria ♂.

9° **Epicauta adspersa** (pl. XII, fig. 40 et 41). — Appartient au même type. Les pièces cornées du neuvième urite, et principalement les épimerites sont toutefois plus puissantes et relevées de poils noirs. Les branches de la pièce en Y sont également plus longues et tendent à atteindre le bord des épimerites.

10° **Lytta Fabricii** (pl. XII, fig. 42). — Ici encore le tergite est incomplet et les épimerites ainsi que le sternite sont bien développés, mais en outre la pièce en Y est formée en arrière de deux larges lames renforcées sur leur bord externe par un épaississement linéaire et séparées par une fente. Postérieurement elles s'unissent en une tige peu épaisse. Leur division en avant rappelle le cas de Mylabris melanura que nous avons figuré (pl. fig.).

11° **Ænas afer** (fig. XII, pl. 43 et 44). — Chez cette espèce à tergite également incomplet le développement bien marqué du sternite est à noter ainsi que quelques ilôts noirs, cornéifiés dans la membrane qui supporte la pièce en Y.

12° **Lydus marginatus** (pl. XII, fig. 45). — Je signale enfin le Lydus marginatus à cause de la grande épaisseur de l'extrémité postérieure de la pièce en Y qui présente un petit prolon-

gement médian et deux latéraux courts rappelant la forme indiquée déjà chez Epicauta verticalis. La membrane chitineuse (épisternites soudés) qui supporte cette pièce présente un bord libre sinué avec éminence convexe médiane et longs poils qui la hérissent. Enfin les épimérites sont très volumineux par rapport aux angles cornéifiés du tergite qui figurent de petits mamelons obtus.

En résumé les diverses particularités rencontrées au cours de cette étude qui embrasse les principaux genres de la tribu des Vésicants, montrent que le neuvième urite peut présenter dans son développement quelques différences qui portent principalement sur le tergite et sur les épisternites et sternorhabdites. Le tergite est complètement cornéifié chez Mylabris melanura, Cerocoma, Stenoria, etc., mais ce qui montre bien que ce fait est de peu d'importance, c'est que dans le genre Meloe M. Majalis, insecte de taille énorme a un neuvième tergite complet, tandis qu'il est incomplet chez Meloe Americanus dont la taille est moins grande et l'ensemble du système tégumentaire moins puissant.

Aussi ce dernier cas se présente-t-il dans la majorité des insectes Vésicants Cantharis, Lytta, Épicauta, Œnas, Lydus, etc. Je ferai toutefois remarquer l'intérêt qu'il y avait à étudier un grand nombre d'espèces, puisque c'est grâce à cela qu'il a été possible, en passant d'une forme bien développée à une forme réduite, d'attribuer leur véritable valeur aux pièces latéro-dorsales du zoonite.

Enfin un troisième type offrant une dégradation complète du tergite qui n'est représenté par aucune pièce cornéifiée s'est montré chez Sitaris humeralis.

Les conclusions auxquelles m'ont amené ces recherches relativement à la pièce en Y et à la membrane chitineuse qui la porte, sont nouvelles. Je ne sache pas en effet que ces parties aient été assimilées jusqu'ici à des épisternites et stenorhabdites. Cette manière de voir me paraît cependant bien prouvée par les diverses transformations que j'ai pu montrer, depuis Mylabris melanura et Sitaris humeralis où ces pièces sont parfaitement reconnaissables, jusqu'à la Cantharide où elles sont réduites pour ainsi dire à leur plus simple expression et ne sauraient être ramenées d'emblée à leur véritable valeur. Aux preuves fournies par l'étude comparative, j'ajouterai que la pièce en Y et la

membrane qui la supporte appartiennent sans conteste au neuvième urite, car elles l'accompagnent toujours quand on isole ce zoonite.

III. — Appareil copulateur.

L'appareil copulateur des insectes Vésicants bien que présentant suivant les genres et les espèces des différences assez sensibles, consiste généralement en un étui extérieur solide, corné, renfermant une sorte de gouttière également cornée, mais moins résistante, dans laquelle pénètre le conduit éjaculateur. Ce dernier s'y élargit en un tube chitineux constituant la verge.

1° **Cantharis Vesicatoria.** — Chez la Cantharide (pl. XIV, fig. 1 à 5), l'étui corné externe comprend : en avant, une pièce orbiculaire volumineuse (*le tambour* ou *pièce basilaire* des auteurs) soudée à deux branches disposées en forme de pince et dirigées en arrière. L'endroit de la soudure est marqué par un étranglement principalement visible sur le côté. Cette pièce orbiculaire est creuse. Elle offre une face bombée pleine, opposée à une face largement échancrée qui livre passage au conduit éjaculateur. Elle est placée par rapport à l'axe du corps dans une position telle que sa face bombée est à gauche et sa face ouverte, à droite. Les bords qui sont convexes sont donc dorsal et ventral. En arrière, ils se continuent en deux branches épaisses, cornées et dures, qui forment une sorte de pince. Chacune des branches de cette pince est pliée longitudinalement en forme de carène dont la convexité est extérieure et dont la concavité loge les autres parties de l'appareil copulateur.

Les flancs de cette carène ne sont pas symétriques. Celui qui répond au côté gauche de la pièce orbiculaire (côté plein) est très court en ce sens qu'il s'unit bientôt avec le flanc correspondant de l'autre branche pour former une large lame qui s'unit à la pièce orbiculaire et semble la continuer. Le flanc qui répond au côté droit (côté ouvert) est au contraire allongé et il s'enroule sur lui-même à son bord libre, comme le montre la (fig. 1, pl. XIV) pour se terminer en une fine membrane chitineuse qui est en continuité avec les autres pièces de l'appareil copulateur.

Si l'on fait saillir l'appareil copulateur en comprimant l'ab-

domen de l'insecte, et si l'on écarte un peu les branches de la pince on aperçoit entre celles-ci une pièce cornée épaisse, très dure qui se présente comme suit lorsqu'on l'a isolée : c'est une sorte de long et gros stylet creux (1) dont l'extrémité antérieure est logée dans la pièce orbiculaire, bien qu'elle puisse parfois la dépasser en avant et dont l'extrémité postérieure appointie est recourbée d'arrière en avant en un crochet acéré (pl. XIV, fig. 2). Un peu en avant de ce crochet il en existe un second qui siège sur le côté droit du stylet. La verge pénètre dans ce stylet creux par une fente située vers le milieu de son côté droit.

Elle consiste en un tube chitineux dont la surface est hérissée de petites saillies aiguës et son orifice terminal est armé d'un filet corné à tête épaisse, papilleuse, recourbée en croc dont la pointe est dirigée en avant (pl. XIV, fig. 4). Ce croc fait saillie au côté gauche du stylet au-dessus de l'orifice terminal de la verge ; il constitue avec les deux crochets du stylet l'appareil de fixation du pénis pendant la copulation.

J'ai retrouvé une organisation semblable en ses traits essentiels, chez la plupart des Vésicants. Les modifications notables que j'ai observées conduisent toutefois à l'établissement d'un certain nombre de groupes.

2° **Groupe A.** — Dans un premier groupe on peut ranger les Mylabris et les Meloe, qui se rapprochent beaucoup de la Cantharide.

Chez *Mylabris melanura*, par exemple, il n'y a de différence sensible que dans la forme des branches de la pince (pl. XIV, fig. 6 à 9) qui sont simplement pliées en gouttière terminée postérieurement en une extrémité pleine un peu courbe et d'inégale longueur pour chaque branche. Ajoutons que le stylet pénial est très allongé, aigu et recourbé en hameçon à son extrémité.

Chez les *Meloe* les quelques particularités que l'on observe affectent les mêmes parties de l'appareil. Ainsi chez Meloe majalis (fig. 10), les branches de la pince se distinguent par leur forme plus courte et leur largeur plus grande. Les crochets de la gouttière cornée ou stylet qui enveloppe le pénis sont placés plus en arrière que chez la Cantharide et l'extrémité du stylet

(1) Pièce analogue aux *filets cornés* qui soutiennent immédiatement la verge chez le hanneton. (Voir Strauss-Durkheim, loc. cit.)

pénial est recourbée presque à angle droit. Chez ***Meloe americanus*** (fig. 11), l'extrémité de ce stylet est hérissée de petites saillies coniques et le crochet épais qu'elle présente rappelle davantage la forme que j'ai décrite chez la Cantharide.

3° **Groupe** B. — Un second groupe comprend les Vésicants chez lesquels la verge est pourvue de deux crochets à son extrémité, au lieu d'un seul crochet terminal. C'est ce qu'on observe particulièrement chez les *Cerocomes* (fig. 12 à 14).

Chez Cerocoma Schœfferi et Schreberi les branches de la pince se distinguent par leur extrémité antérieure très élargie. Elles sont peu intimement unies à la pièce orbiculaire. Un étranglement très prononcé les sépare. Quant à la pièce cornée qui loge le pénis ce n'est plus à proprement parler une gouttière; c'est une sorte de tube se prolongeant antérieurement en cuilleron corné et formé postérieurement d'une membrane chitineuse peu épaisse relevée de saillies aiguës. Deux crochets terminent un de ses bords. Deux crochets arment également la verge (pl. XIV, fig. 13 et 14). Très rapprochés chez Cerocoma Schœfferi, ces crochets sont plus écartés chez Cerocoma Schreberi.

4° **Groupe** C. — Dans un troisième groupe on peut ranger les insectes dont la verge et la gouttière qui la loge ne sont pourvus chacune que d'un seul crochet. Tels sont :

A. *Epicauta verticalis* (pl. XIV, fig. 15 et 16). — Dans cette espèce les branches de la pince sont longues, triangulaires, carénées. Elles se séparent facilement de la pièce orbiculaire. Comme chez les Cerocomes l'étui du pénis est un tube membraneux terminé antérieurement en cuilleron et postérieurement par une pointe recourbée en hameçon. La verge est armée d'une longue tige rigide également recourbée à son extrémité en crochet court et droit.

B. *Epicauta adspersa* et *Macrobasis Fabricii* présentent à peu près mêmes caractères, mais la verge est armée d'une simple tige cornée pointue un peu courbée en arc. Chez *Lydus marginatus* en particulier, cette courbure est très prononcée et forme un croc puissant à l'extrémité de la verge. La forme des branches de la pince (pl. XIV, fig. 17) se rapproche plus que chez les espèces précédentes de celle que j'ai figurée pour la Cantharide.

5° Groupe D. — Ce groupe comprend seulement *Sitaris humeralis* qui s'écarte des précédentes espèces par un caractère important. L'étui corné extérieur est en effet univalve. La pièce orbiculaire se continuant en une seule branche creusée en gouttière large et épaisse. L'enveloppe du pénis est peu cornée et terminée (pl. XIV, fig. 18 et 19) par un renflement papilleux. Le pénis est inerme.

6° Groupe E. — Chez *Stenoria apicalis*, l'étui corné extérieur est également univalve; de plus, il est très court, large à la base, hérissé de petites saillies à sa face interne et presque membraneux. Mais c'est la pièce dite orbiculaire qui revêt ici un caractère tout à fait nouveau. Elle n'est pas soudée comme chez les autres Vésicants, mais paraît plutôt articulée avec l'extrémité postérieure de l'unique branche qui représente la pince. De plus, elle a la forme d'une cloche cylindrique large, ouverte à sa base et sur l'une de ses faces (pl. XIV, fig. 20). Sa paroi est formée d'une mince membrane chitineuse transparente, soutenue par des baguettes chitineuses qui renforcent ses bords. La gouttière qui enveloppe le pénis n'est qu'en partie contenue dans cet étui qu'elle dépasse de beaucoup en avant; elle est aussi formée d'une membrane chitineuse délicate et se termine postérieurement en trois lobes élargis étalés en une sorte de cornet qui renferme six ou huit corps papilliformes. Ces corps sont des lobes chitineux hérissés de petites pointes qui garnissent l'extrémité du pénis (pl. XIV, fig. 21) et qui, lorsque cet organe fait saillie, s'étalent en éventail. Ils se groupent en un faisceau compact lorsque le pénis est complètement invaginé et sont alors recouverts par les lobes de la gouttière.

En résumé, chez la plupart des insectes Vésicants, l'appareil copulateur est formé d'un étui corné bivalve qui renferme une gouttière plus ou moins solide armée d'un ou deux crochets et enveloppant le pénis, pourvu lui-même à son extrémité de un ou deux crochets.

Les Sitaris et Stenoria font exception, l'étui externe étant univalve et la gouttière péniale inerme. La verge est également inerme.

IV. — Appareil femelle.

A. — Organes internes.

L'appareil génital femelle des insectes Vésicants est organisé sur le même plan que celui du plus grand nombre des Coléoptères. Il comprend deux *ovaires*, dont les *oviductes* courts, s'unissent bientôt en un canal commun ou *vagin* qui se dilate antérieurement en une vaste *vésicule copulatrice*. Un *réservoir séminal* et une *glande accessoire* lui sont annexés.

Les Ovaires sont formés d'un large calice central sur lequel s'insèrent de nombreux tubes ovigères, dont l'extrémité libre se prolonge en un filament ténu et hyalin. Les filaments des tubes voisins ne se réunissent pas en un cordon unique comme cela a lieu chez beaucoup d'insectes (1).

La couleur des tubes ovigères varie du jaune pâle au rouge orangé.

Les oviductes, toujours courts et assez larges, débouchent après s'être unis en un tube commun, à la face ventrale du vagin qui, lui-même, est cylindrique, peu allongé et se prolonge en avant dans une vésicule copulatrice remarquablement développée. Cette vésicule occupe la partie dorsale de l'abdomen et s'étend parfois antérieurement jusqu'à la base du thorax.

« Elle a une forme et une structure, dit Dufour (25) qui diffèrent beaucoup de celles des autres Coléoptères. C'est un trait anatomique remarquable qui paraît commun à toutes les Cantharidies. »

Tantôt un réceptacle séminal et une glande accessoire lui sont annexés, tantôt la glande accessoire manque et la vésicule copulatrice paraît alors en remplir la fonction. De là, deux groupes à établir parmi les Vésicants.

Premier groupe : *Il existe un réservoir séminal et une glande accessoire.* — Parmi les espèces que j'ai étudiées, Cantharis vesicatoria, Lytta pennsylvanica, Meloe antummalis et Zonitis mutica appartiennent à ce groupe. Je prendrai pour type la Cantharide (C. Vesicatoria). Mais je dois faire remarquer que l'étude

(1) Les Ovaires des Vésicants appartiennent au deuxième groupe d'ovaires établi par Stein (51), dans lequel le calice est central. Ce sont ses ovaires *racémeux*, ceux que Muller d'autre part, les comparant au corps d'un hérisson, avait désignés sous le nom d'*ovaria baccata* (beerenförmige eierstöcke).

morphologique de l'appareil femelle chez cette espèce a été faite avec détails par Audouin (loc. cit.); aussi n'aurai-je à insister que sur quelques points particuliers. Stein (51) d'autre part, a étendu à la Cantharide les détails de structure histologique qu'il a donnés au sujet du Meloe proscarabœus; je n'aurai qu'à compléter sa description.

Cantharis vesicatoria. — Les ovaires sont formées d'un très grand nombre de gaînes ovigères d'un jaune pâle. Lorsqu'ils sont complètement développés, ils remplissent presque toute la cavité de l'abdomen et repoussent le tube digestif tout à fait à la face ventrale. Chaque gaîne ovigère (voir pl. XIV, fig. 22) arrivée à peu près à maturité comprend en arrière une grande chambre renfermant l'œuf en développement; à son extrémité antérieure, cette chambre ovale et d'autant plus volumineuse que l'œuf est plus avancé, est suivie d'une loge plus petite dans laquelle on distingue un jeune ovule à peu près sphérique, pourvu de sa tache germinative. Enfin, une chambre allongée, irrégulièrement cylindrique et remplie de grosses cellules vitellogènes termine le tube ovigère. L'ensemble est enveloppé d'une fine membrane conjonctive qui, à l'extrémité libre de l'organe, forme une sorte de coiffe prolongée en un cordon hyalin parsemé de quelques noyaux ovoïdes. Latéralement, cette enveloppe conjonctive émet des tractus qui l'unissent lâchement à l'enveloppe des tubes voisins, mais d'une manière générale, les extrémités effilées restent libres ou seulement rapprochées sans soudure.

Les oviductes très courts s'unissent bientôt en un canal commun qui débouche dans le vagin. Celui-ci est cylindrique en arrière, mais en avant il se dilate en une large vésicule copulatrice, longue d'environ 8 millimètres et qui siège au côté gauche de l'abdomen. Cette vésicule copulatrice est une sorte d'outre irrégulièrement renflée, qui se continue par un col cylindrique avec le vagin. Sur la face ventrale de ce col s'insère un tube légèrement sinueux (pl. XIV, fig. 23) long de trois à quatre millimètres, c'est le *réservoir séminal;* à droite et à un millimètre ou deux en arrière du point où débouche ce réservoir, une petite vésicule sphérique s'insère au moyen d'un court pédicule. C'est à peu près à ce même niveau, mais un peu à

gauche, que l'oviducte s'ouvre dans le vagin. Cette vésicule sphérique est une glande accessoire.

Je vais donner quelques détails sur ces diverses parties :

La *Vésicule copulatrice* est toujours remplie d'un mucus épais, blanchâtre, opaque, dans lequel on trouve parfois des spermatozoïdes, circonstance qui prouve que l'accouplement a eu lieu récemment. La paroi de cette vésicule comprend de dedans en dehors :

1° Une fine membrane chitineuse, transparente et homogène;

2° Une couche de cellules épithéliales;

3° Une enveloppe conjonctive;

4° Dans la région rétrécie du col des fibres musculaires en épaisses assises, qui passent aux couches musculaires du vagin.

L'épithélium mérite de fixer un moment l'attention. En effet, dans les parties voisines du col, il est à peu près uniquement formé de cellules prismatiques de petites dimensions, mesurant environ 8 μ de diamètre. Mais dans les parties renflées de la vésicule copulatrice et plus particulièrement vers le fond de l'organe, on aperçoit au milieu des cellules prismatiques (pl. XIV, fig. 24) des éléments beaucoup plus volumineux, hyalins, arrondis, mesurant environ 16 μ de diamètre et renfermant un noyau sphérique large de 5 à 6 μ. — Ces éléments forment des amas irréguliers qui font saillie à la face externe de la vésicule et qui représentent évidemment des parties sécrétantes du mucus contenu dans la poche copulatrice.

La structure de cet épithélium est assez comparable à celle de l'épithélium des tubes à cantharidine des individus mâles.

Le *réservoir séminal* se montre, chez les femelles adultes, toujours rempli de spermatozoïdes. Mais il est à remarquer que ceux-ci ne sont plus en paquets fusiformes, tels qu'ils ont été émis par le mâle. Ces paquets se sont dissociés, et les spermatozoïdes qui remplissent le réservoir séminal sont libres et forment un amas de filaments enchevêtrés.

La structure de la paroi du réservoir séminal est la suivante de dedans en dehors (pl. XIV, fig. 25) :

1° Une fine membrane chitineuse hyaline;

2° Une couche de cellules épithéliales prismatiques;

3° Une couche musculaire formée de deux plans superposés de fibres dont les internes sont circulaires et les externes disposées obliquement, de telle sorte qu'à l'extrémité libre du réservoir elles sont à peu près longitudinales et contournent sa surface en spirale.

Glande accessoire. — Cette glande, courte et sphérique, renferme une substance muqueuse assez consistante.

Sa paroi présente la structure suivante, de dedans en dehors :

1° Une intima chitineuse, hyaline ;

2° Une couche glandulaire ;

3° Une couche lamineuse.

Stein, qui a montré le premier l'existence de la couche glandulaire, la décrit chez le Meloe proscarabœus (loc. cit. pl. VII, fig. 1) comme formée de « quatre plans superposés de cellules secrétantes. »

Chez la Cantharide, ainsi d'ailleurs que chez tous les Vésicants que j'ai étudiés, les cellules en question ne sont point disposées en plans superposés, mais groupées en petits lobules sphériques de $0^{mm},050$ de diamètre environ, parfaitement séparés (pl. XIV, fig. 26) qui donnent à l'ensemble de l'organe l'apparence d'une glande en grappe à réservoir central formé par la cavité sphérique de l'appareil glandulaire. Chacun de ces lobules est composé d'un certain nombre de glandes unicellulaires pourvues de leurs petits canaux chitineux qui viennent déboucher dans le réservoir commun en traversant l'intima (*e*) qui se trouve ainsi percée comme un crible.

C'est seulement dans la partie sphérique de la glande que la structure susdite s'observe. Au niveau du col, les glandes disparaissent et une épaisse couche de fibres musculaires se montre en dehors de l'épithélium.

Lytta pensylvanica. — L'appareil femelle (fig. 27) présente les mêmes caractères que chez Cantharis vesicatoria. Les ovaires forment deux masses ovoïdes composées de nombreuses gaînes ovigères.

La poche copulatrice, volumineuse, de forme cylindrique irrégulière, est accompagnée d'un réservoir séminal et d'une glande accessoire. Mais ici, c'est le réservoir séminal qui est sphérique, relativement peu volumineux, à parois très muscu-

leuses. Il contient des spermatozoïdes qui affectent la forme de longs faisceaux rubanés fusiformes aux extrémités.

Quant à la glande accessoire, elle est tubuleuse, allongée et sinueuse et se montre hérissée de petits lobules sphériques (pl. XIV, fig. 28) qui ont même structure que ceux que j'ai décrits chez la Cantharide.

D'ailleurs comme dans cette dernière, bien que morphologiquement il y ait une différence, le réservoir séminal siège sur le col de la poche copulatrice et la glande accessoire s'ouvre à une certaine distance en arrière, au voisinage de l'abouchement des oviductes.

Zonitis mutica. — D'après Dufour (loc. cit.) les ovaires de Zonitis prœusta ne sont formés chacun que d'une trentaine de gaînes ovigères. Il n'en est pas de même chez Zonitis mutica où je compte au moins une soixantaine de gaînes à chaque ovaire.

La vésicule copulatrice (pl. XIV, fig. 29) est très grosse, ovoïde et par sa forme se distingue sensiblement de celle des précédentes espèces. Un long col relativement grêle la fait communiquer avec le vagin. Une vésicule de même forme, mais beaucoup plus petite, s'insère près de sa base et représente le réservoir séminal. Enfin une glande accessoire tubuleuse et assez allongée complète l'appareil.

Cerocoma Schœfferi. — D'après Stein (loc. cit.), cette espèce présenterait même organisation que la Cantharide, sauf que le réservoir séminal est plus volumineux.

Je m'en réfère à l'autorité de cet anatomiste. Bien que sur un individu que j'ai examiné il m'ait semblé que la glande accessoire fait défaut, n'ayant pu renouveler mon observation, je range provisoirement les Cérocomes avec la Cantharide.

Chez les Cérocomes, la vésicule copulatrice se fait remarquer par sa forme sphérique qui est également celle des ovaires. Le réservoir séminal est allongé et tubuleux.

Meloe Autumnalis. — Les ovaires sont formés de gaînes ovigères nombreuses. La poche copulatrice énorme est étranglée en son milieu et présente ainsi deux renflements séparés par un conduit irrégulier. Elle se rattache par un court pédicule au vagin qui lui-même est peu allongé. Stein (loc. cit.) en décri-

vant et figurant l'appareil femelle de Meloe proscarabœus montre à la base de la poche copulatrice un petit réservoir séminal sphérique et plus loin en arrière, au niveau de l'abouchement de l'oviducte une longue glande accessoire en forme de massue. Chez Meloe Autumnalis (pl. XIV, fig. 30), je trouve bien aussi ces deux organes, mais dans des rapports différents. En effet, à la base de la vésicule copulatrice, il existe un petit sac ovoïde, brièvement pédiculé et de très petite taille, qui n'est point un réservoir séminal, mais une glande accessoire, ainsi que l'accuse sa structure. Le réservoir séminal est plus en arrière, à peu près au niveau où débouche l'oviducte. Il a la forme d'un tube flexueux terminé par un renflement ovoïde, et les spermatozoïdes qu'il contient ne laissent aucun doute sur sa véritable nature. Ces spermatozoïdes sont disposés par faisceaux comme chez Lytta pensylvanica, contrairement à ce que j'ai indiqué pour la Cantharide où ils sont toujours dissociés.

Le volume très petit de la glande accessoire chez Meloe autumnalis et la situation nouvelle du réservoir séminal qui s'éloigne de la vésicule copulatrice pour se rapprocher de l'orifice de l'oviducte sont deux faits intéressants parce qu'ils conduisent au deuxième groupe que j'ai signalé précédemment dans lequel la glande accessoire disparaît complètement. Il est à remarquer en même temps qu'une autre espèce du genre Meloe rentre dans cette seconde série.

Deuxième groupe : *Absence de glande accessoire; réservoir séminal rapproché de l'orifice de l'oviducte.* — A ce groupe appartiennent parmi les espèces que j'ai étudiées : *Meloe majalis, M. lævigatus, Mylabris melanura, Mylabris geminata, Epicauta verticalis.*

Meloe majalis. — Les ovaires sont composés de très nombreuses gaînes ovigères. La vésicule copulatrice énorme, est étranglée en son milieu, comme dans Meloe autumnalis. L. Dufour dans la description succincte qu'il donne de cet appareil du Meloe majalis, s'exprime ainsi : « L'uricule principale de l'humeur sébacée (vésicule copulatrice) a un grand développement puisqu'elle acquiert jusqu'à huit lignes de longueur sur trois d'épaisseur. La deuxième est ovalaire. » Il ne fait donc mention que de deux vésicules. Au début de mes recherches,

je m'étais demandé si la description de Dufour était exacte, d'autant plus qu'il n'insiste pas sur ce fait, et que Stein ne fait aucune allusion à des Vésicants dépourvus de glande accessoire. Dès que l'occasion me le permit, je m'empressai de reprendre cet examen.

La figure que je donne (pl. XIV, fig. 31) montre qu'il n'existe en effet à la base de la vésicule copulatrice qu'une seule vésicule tubuleuse, un peu renflée à son extrémité libre et assez rapprochée de l'orifice de l'oviducte. C'est un réservoir séminal et il n'existe pas de glande accessoire.

Epicauta verticalis (pl. XIV, fig. 32). — Chez cette espèce, les ovaires larges et courts ne renferment qu'un petit nombre de gaînes ovigères (vingt-quatre à trente environ).

La vésicule copulatrice allongée, assez régulière est considérablement développée et occupe une grande partie de la cavité droite de l'abdomen où elle s'étend presque jusqu'à la base du thorax. Au niveau où elle se continue avec le vagin, un tube flexueux et relativement très long forme le réservoir séminal. Il n'y a pas de glande accessoire.

Mylabris. — Chez les Mylabres (*M. melanura*, et *M. geminata*) les ovaires (fig. 33 et 34) sont également peu fournis en gaînes ovigères. J'en compte une vingtaine seulement dans chaque ovaire chez Mylabris geminata et une trentaine chez Mylabris melanura. Comme chez Epicauta verticalis, il n'existe qu'une seule vésicule annexée à la poche copulatrice, et bien que les circonstances ne m'aient pas permis de m'en assurer, j'ai lieu de croire qu'elle joue le rôle de réservoir séminal.

En résumé, parmi les Vésicants deux groupes se distinguent aisément par l'absence ou par la présence d'une glande accessoire. On remarquera que d'une manière à peu près générale, l'absence de cette glande correspond à un petit nombre de gaînes ovigères dans l'ovaire. Il y aurait lieu de voir si cette absence de glande accessoire ne correspond pas aussi à un état particulier des œufs qui ne seraient pas alors agglutinés comme chez la Cantharide au moment de la ponte. — La ponte des espèces telles que Mylabris et Cerocoma est assez difficile à obtenir en captivité, et les œufs que j'ai pu avoir se sont trouvés pondus dans des conditions trop désavantageuses pour qu'il

m'ait été possible de conclure à cet égard. Toutefois, les pontes d'Epicauta verticalis qu'il m'a été donné d'obtenir en grand nombre semblent bien répondre, en effet, à l'absence de glande accessoire, car les œufs en sont manifestement moins complètement agglutinés que lorsqu'il s'agit d'une ponte de Cantharide.

Armure génitale femelle.

On sait, depuis les recherches faites sur l'armure génitale femelle des Insectes, par M. de Lacaze-Duthiers (50) que cette armure formée par le neuvième urite se compose chez la plupart des Coléoptères, d'un tergite, d'un sternite, d'épimérites, d'épisternites et de sternorhabdites.

Chez les insectes Vésicants, l'armure génitale femelle a été décrite par M. de Lacaze-Duthiers, d'après Meloe proscarabœus et Cantharis vesicatoria. L'auteur place ces espèces dans le troisième groupe qu'il établit parmi les Coléoptères au moyen des « Types les plus simples *où le sternite de l'armure manque.* »

« Ces deux genres (Meloe et Cantharis) dit M. de Lacaze-Duthiers (loc. cit., p. 189), très voisins au point de vue des caractères de famille, ne le sont pas moins, au point de vue de la composition de leur armure femelle. La description de l'un peut servir à l'autre; les figures se ressemblent beaucoup, dans l'un et l'autre cas; aussi pouvons-nous les décrire ensemble.

« On comprend que l'armure doit se ressentir de l'état de mollesse générale de l'abdomen; en effet, les pièces sont petites, peu cornéifiées. Très reconnaissables toutefois, leur analogie avec celles des Lampyrides est frappante; elles sont très régulières, et occupent des positions telles, que l'origine qui leur est assignée est bien plus évidente que dans les Blaps.

« Le tergite occupe la ligne médiane; il est pour sa forme semblable à ceux qui le précèdent. L'épimérite placé sur les côtés et au-dessous de lui est régulier, obtus en arrière, en croissant très peu marqué. L'angle supérieur semble se diriger vers l'un des angles antérieurs du tergite dont il est assez éloigné, tandis que l'angle inférieur est en connection avec le prolongement apophysaire antérieur de l'épisternite.

« Celui-ci, plus allongé que dans le Lampyre, présente en arrière une échancrure, où se loge l'extrémité adhérente du rhabdite sternal, qui se présente comme un tubercule allongé, libre à l'un de ses bouts.

« La ténuité des pièces fait que l'oviducte et le rectum s'ouvrent très près l'un de l'autre; du reste, ici comme dans les vers luisants, l'ensemble des parties composant l'armure occupe le neuvième rang dans l'abdomen. »

J'ai tenu à rappeler, dans leur intégrité, ces conclusions, parce que les faits les plus importants qu'elles établissent tels

que la composition générale de l'armure, le rang qu'elle occupe dans l'abdomen et les rapports intimes qu'elle affecte avec celle des Lampyrides, sont le résultat d'études comparatives qui ont porté sur un nombre considérable de Coléoptères de tous genres, mais sur deux espèces seulement du groupe des Vésicants. Aussi ai-je à présenter quelques observations déduites de mes recherches faites non plus seulement sur deux espèces, mais sur un grand nombre de types pris dans les divers genres de la tribu des Vésicants, tels que : Cantharis, Lytta, Epicauta, Macrobasis, Pomphopœa, Œnas, Lydus, Meloe, Halosimus, Mylabris, Coryna, Cerocoma, Sitaris, Stenoria, Zonitis, Nemognatha, Leptopalpus.

De cet examen comparatif, il résulte que quelques-unes des propositions particulières aux Meloe et Cantharis avancées par M. de Lacaze-Duthiers doivent être modifiées et qu'elles ne s'appliquent pas à tout le groupe des Vésicants. C'est ainsi que le neuvième tergite, pièce supérieure de l'armure, est loin d'être toujours représenté chez ces insectes et qu'il n'est même pas complet chez tous les Meloe et chez la Cantharide. De même les traces du neuvième sternite sont parfois très apparentes, et cette pièce peut même être complètement développée. Il n'y a là, du reste, rien qui doive étonner. En effet, la disparition du neuvième sternite chez les Coléoptères ne se fait qu'insensiblement et se montre plus complète à mesure que l'ensemble des téguments devient moins dur. Or, parmi les Vésicants, il en est qui tout en conservant la mollesse si caractéristique des urites, se distinguent cependant d'espèces voisines, par des téguments plus résistants. De là, dans la composition de l'armure des différences en plus ou en moins qui méritent d'être notées. Somme toute, le sternite de l'armure reste toujours assez rudimentaire. Pour le tergite, il offre au contraire des degrés de développement bien caractérisés, et qui permettent d'établir trois groupes répondant à ces différents degrés.

Premier groupe. — *Neuvième Tergite complet.* — Meloe majalis, Mylabris melanura, Cerocoma Schreberi, C. Schœfferi et Halosimus Syriacus rentrent dans ce groupe.

1° **Meloe majalis.** — Chez cette espèce, dont on connaît la taille parfois considérable puisque la femelle peut atteindre 5 à

6 centimètres de longueur sur près de 2 de large, l'armure génitale est absolument complète. Suivant la règle générale elle appartient au neuvième urite. En effet, au-dessous du huitième tergite abdominal, on trouve une série de pièces disposées dans l'ordre suivant :

1° Au-dessus de l'anus et sur la (pl. XVI, fig. 1) ligne médiane, une pièce cornée, noire (*t*), hérissée de poils roides, dont le bord libre est un peu concave, et qui représente le neuvième tergite.

2° De chaque côté de l'anus, une pièce également cornée, noire et velue (*em*); ce sont les épimérites, qui ont une forme oblongue; leur extrémité postérieure est obtuse, et leur extrémité antérieure élargie pour l'insertion de muscles.

3° Sur les bords de l'oviducte et un peu à sa face ventrale se voient deux autres pièces (*e s*) évasées à leur extrémité postérieure et rétrécies en arrière; ce sont les épisternites. Leur partie évasée terminale est excavée et porte un rhabdite en forme d'article cylindro-conique; l'ensemble a la configuration d'un palpe de deux articles qui serait fixé contre la paroi de l'oviducte.

Enfin, entre l'anus et l'oviducte, une cloison chitineuse (*c l*), dont le bord libre est seul cornéifié et bleuâtre, mais dont toute la surface est recouverte de petites saillies, figure le neuvième sternite. Ce sternite est très peu développé, mais sa présence n'est pas douteuse, et son interprétation devient plus certaine encore lorsqu'on examine d'autres espèces.

2° Cerocomes. — Chez les deux espèces de ce genre (C. Schreberi et C. Schœfferi) que j'ai étudiées, j'ai trouvé également une armure génitale complète.

Le neuvième tergite est même fort développé; corné, noir, velu, son bord libre est légèrement convexe, et sa configuration générale est celle des autres tergites de l'abdomen (pl. XVI, fig. 2). Les épimérites sont assez larges, lamelleux, irrégulièrement triangulaires, à extrémité postérieure obtuse. — Le sternite sous forme d'une cloison chitineuse, à bord libre corné, se distingue bien entre l'anus et la vulve; il est concave en dessous et le vagin occupe cette concavité. Par suite de cette forme concave et de la ténuité des pièces, les épisternites se trouvent déjetés en bas jusqu'à la face ventrale du vagin. — Ces épisternites dont l'extrémité antérieure est fort grêle, s'élargissent con-

sidérablement à leur extrémité postérieure qui se creuse pour recevoir un rhabdite allongé, cylindrique et un peu arqué. — Épisternites et rhabdites sont recouverts de longs poils sur toute leur surface.

3° **Mylabris melanura** (pl. XVI, fig. 3 et 4). — Le tergite de l'armure est complet, à bord libre légèrement concave. Les épimérites sont irrégulièrement triangulaires, et le sternite corné et brun pourvu d'épaississements qui partent en bandes irrégulières de son bord libre, sépare les deux orifices rectal et vaginal. — Quant aux pièces qui siègent à la face inférieure de l'armure, elles sont réunies par une membrane chitineuse assez épaisse dont le bord postérieur libre est coloré en brun et porte de chaque côté une petite cupule articulaire qui reçoit les pièces que nous assimilons dans les espèces précédentes aux épisternites et à leur rhabdite. Ne serait-il pas plus juste de voir dans cette membrane chitineuse les deux épisternites soudés au-des-

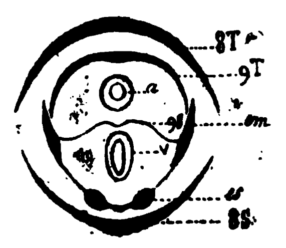


Fig. 4.
Diagramme de l'extrémité postérieure de l'abdomen de Mylabris melanura ♀.

sous du vagin, et supportant des sterno-rhabdites formés de deux articles dont l'un antérieur plus volumineux et l'autre postérieur, plus court et plus grêle? Nous hasardons cette hypothèse sans y insister davantage en ce moment, mais nous aurons l'occasion de l'appuyer de nouvelles observations.

4° **Halosimus Syriacus.** — Dans cette espèce, le tergite de l'armure est encore complet; toutefois les angles en sont plus élevés, plus solides et plus fortement colorés que la partie médiane. Cette structure offre donc un passage aux espèces suivantes, caractérisées par le développement incomplet du neuvième tergite.

Deuxième groupe. — *Neuvième tergite incomplet.* — On trouve

dans ce groupe des degrés de développement divers. Parmi les espèces que j'ai étudiées, on peut établir l'ordre suivant de dégradation. Œnas afer, Pomphopœa Texana; Cantharis vesicatoria; Epicauta verticalis; E. adspersa; Lytta Fabricii; Macrobasis albida; Meloe americanus; Coryna distincta; Lydus Algiricus.

1° **Œnas afer.** — Toutes les pièces cornées de l'armure génitale sont épaisses, très noires et hérissées de longs poils.

Le tergite (neuvième tergite) est formé d'une portion médiane incolore, très mince, revêtue de quelques poils et limité de chaque côté par un angle épais et corné. Ces angles à bord postérieur convexe et large, semblent au premier abord former deux pièces symétriques isolées, de chaque côté de la face supérieure du rectum. Ce n'est que par un examen plus attentif que l'on constate qu'ils font partie du neuvième tergite. Les épimérites sont relativement petits, à angle postérieur assez aigu.

Les épisternites et sterno-rhadites sont très développés (pl. XVI, fig. 5).

Quant au sternite, il n'est représenté que d'une manière tout à fait imparfaite par une mince cloison chitineuse, incolore, entre le rectum et le vagin.

2° **Pomphopœa Texana.** — Les angles du tergite de l'armure sont larges et très cornéifiés (pl. XVI, fig. 6 à 8). Leur bord postérieur est à peu près droit.

Les épimérites sont relativement moins développés. Mais les épisternites sont très puissants. Ils figurent des articles cylindriques larges et courts, dont l'extrémité postérieure offre une large surface circulaire excavée au milieu de laquelle se dresse le rhabdite, conique et couvert de longs poils. Ici également le neuvième sternite est fort peu développé. Mais, par contre, une membrane chitineuse à bord libre épaissi unit les deux épisternites; dans cette membrane, des îlots irréguliers et cornés se montrent dans la région médiane, et l'on peut se demander encore si cette membrane ne représente pas les épisternites soudés; les pièces qu'elle supporte n'étant autre chose que des sternorhabdites formés de deux articles.

3° **Cantharis vesicatoria** (pl. XVI, fig. 9 à 12). — Comme le

montrent les figures que nous donnons, la disposition générale des pièces est la même que dans les deux précédentes espèces, le tergite n'est point complet, comme le dit M. de Lacaze-Duthiers, il est même un peu moins développé que dans les deux précédentes espèces, en ce sens que les angles cornés sont moins larges.

Les épimérites sont des lames ovales qui se prolongent postérieurement en un long style irrégulier où s'insèrent les muscles. Les épisternites sont reliés par une membrane chitineuse comme ci-dessus; le bord libre de cette membrane d'union est convexe en son milieu et concave sur ses côtés. Le sternite est tout à fait rudimentaire.

4° **Epicauta verticalis.** — Chez cette espèce, deux angles cornés représentent le tergite de l'armure. Les épimérites (pl. XVI, fig. 27) sont peu développés, un peu plus larges toutefois que les pièces du tergite, et de même forme. Les épisternites sont pourvus de rhabdites remarquablement longs et volumineux. Mais ce qui est plus caractéristique, c'est le développement du sternite qui n'est pas corné, il est vrai, mais qui représente comme une cloison dont le bord postérieur libre est découpé en une languette médiane (pl. XVI, fig. 13) bifide, et deux lobes latéraux qui la surplombent légèrement. — Les épisternites sont fixées de chaque côté de ce sternite, plus près de la surface dorsale du vagin que dans les espèces précédentes.

5° Chez *Epicauta adspersa* (pl. XVI, fig. 14), *Macrobasis albida* (pl. XVI, fig. 16) et *Meloe americanus* (pl. XVI, fig. 15) le développement des diverses pièces qui composent l'armure génitale est tout à fait comparable au développement de ces pièces chez la Cantharide ordinaire.. — Macrobasis albida se distingue toutefois par le développement un peu plus grand du sternite qui se montre comme un lobe convexe, hérissé de petites pointes entre le rectum et le vagin.

6° **Lydus algiricus** (pl. XVI, fig. 17) mérite une mention spéciale, vu l'état rudimentaire du sternorhabdite qui se montre comme une petite pointe cornée noire, au milieu de la large surface d'insertion que lui fournit un épisternite très volumineux.

7° **Coryna distincta** (pl. XVI, fig. 18). — Enfin, avec Coryna

distincta nous passons à une forme nouvelle des épimérites qui se présentent comme de larges lames très distinctes des épimérites relativement réduits, que nous montraient les précédentes espèces. Nous retrouverons cette forme élargie chez les individus du troisième groupe. Quant aux sternorhabdites ils se distinguent par leur forme toute particulière. Ils consistent en un petit article court et cylindrique à l'extrémité postérieure de l'épisternite.

TROISIÈME GROUPE. — *Neuvième tergite rudimentaire.* — Dans ce groupe, en même temps que le tergite de l'armure disparaît à peu près complètement, les épimérites et les épisternites prennent un développement relativement considérable, et ces derniers principalement forment de chaque côté de l'orifice vulvaire comme deux valves qu'on ne peut s'empêcher de comparer à une sorte d'oviscapte réduit.

Le développement de cette partie de l'armure est d'autant plus remarquable que les espèces qui rentrent dans ce groupe sont de taille généralement assez faible. Ils ne dépassent guère 8 à 10 millimètres de long.

Ce sont: Zonitis prœusta, Nemognatha bicolor; Sitaris humeralis, Stenoria apicalis et Leptopalpus rosratus. Nous ferons remarquer ici en passant, que les caractères anatomiques de l'armure sont en accord comme le montre l'énumération de ces genres avec le mode de groupement généralement adopté.

1° **Zonitis prœusta** (pl. XVI, fig. 19 et ci-contre fig. 5). — Le tergite de l'armure est rudimentaire et représenté par une lame médiane dorsale, incolore et relevée de quelques poils, reconnaissable d'ailleurs à sa forme et à ses rapports.

Les épimérites sont très larges, courts, à bord postérieur convexe. Ils sont irrégulièrement triangulaires (fig. 19) colorés en jaune pâle.

Quant aux épisternites ce sont des pièces très développées, coniques, allongées, courbées en gouttière et formant par leur réunion une sorte de canal qui fait suite à l'orifice vulvaire. Sur leur bord inférieur et vers leur extrémité postérieure, ils présentent (fig. 20) un petit enfoncement au milieu duquel se voit un rhabdite très rudimentaire, formé d'un article court surmonté à son sommet d'un seul poil épais et raide.

Une lame membraneuse projetée bien en arrière de l'orifice vulvaire sépare celle-ci de l'anus et représente le sternite de l'armure.

2° **Nemognatha bicolor.** — Le tergite tout à fait rudimentaire, n'est même pas représenté par une pièce chitineuse incolore et velue comme ci-dessus.

Les épimérites n'offrent rien de particulier, bien que grands et larges. Mais les épisternites sont très remarquables. Ce sont comme deux volets lamelleux, à bords libres convexes (pl. XVI,

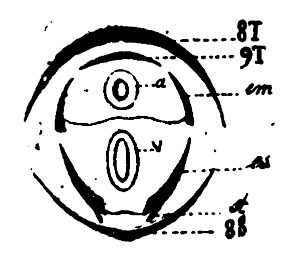


Fig. 5.
Diagramme de l'extrémité postérieure de l'abdomen de Zonitis prœusta ♀.

fig. 21) qui font saillie de chaque côté de l'orifice vulvaire. Sur leur bord inférieur et tout à fait en arrière, ces épisternites portent un rhabdite consistant en un petit article cylindrique, corné et contrastant par sa couleur d'un noir foncé avec la teinte jaune pâle de l'épisternite.

3° **Sitaris humeralis.** — Pas de tergite à l'armure. Les épimérites (pl. XVI, fig. 23) larges, avec un angle obtus à leur extrémité postérieure et une éminence convexe sur le milieu de leur bord postérieur, sont membraneux et colorés en brun sur leurs bords seulement. Les nombreux poils qui hérissent leur surface sont également colorés en brun.

Les épisternites se rapprochent tout à fait par leur forme (fig. 22) de ceux des Nemognatha. Le sternorhabdite est petit, court et porte seulement un poil au sommet et deux ou trois sur la surface.

4° **Stenoria apicalis.** — Le neuvième tergite n'est pas apparent. Les épimérites sont des pièces triangulaires dont l'angle postérieur s'allonge sensiblement (pl. XVI, fig. 24).

Les épisternites sont larges, du type des espèces précédentes. Ils portent sur leur bord inférieur un rhabdite réduit à un petit tubercule arrondi, court, incolore, portant un ou deux poils à l'extrémité.

5° **Leptopalpus rostratus.** — Chez cette espèce, il existe un neuvième tergite rudimentaire (pl. XVI, fig. 25). Les épimérites de forme triangulaire, sont légèrement cornéifiés et teintés de jaune. De longs poils hérissent leur surface. Il en est de même des épisternites, larges volets lamelleux courbés en gouttière, qui forment en arrière de l'orifice vulvaire une sorte de conduit allongé. Sous ces divers rapports l'armure génitale revêt donc les mêmes caractères que chez les espèces précédentes et particulièrement chez Zonitis et Nemognatha. Mais elle s'en distingue par l'absence de sternorhabdite (fig. 26).

Il résulte de cette étude que l'armure génitale femelle présente chez les insectes Vésicants de grandes différences dans le degré de développement des parties composantes.

Le tergite qui peut être entier, est le plus fréquemment incomplet ou tout à fait rudimentaire. Il en est de même du sternite. A mesure que ces pièces disparaissent, on voit au contraire les épimérites et les épisternites prendre un plus grand développement, et affecter la forme de larges valves qui forment en arrière de l'orifice vulvaire un conduit corné plus ou moins développé.

D'une manière absolument constante, nous avons vu l'armure génitale formée par le neuvième urite, et quelle que soit l'espèce étudiée, du Melœ majalis, le plus volumineux des Vésicants, au Stenoria apicalis l'un des plus petits d'entre eux, qui ne mesure pas plus de 5 à 6 millimètres, nous avons toujours trouvé huit tergites et sept sternites apparents à l'abdomen ; le neuvième urite qui forme l'armure étant rentré au-dessous du huitième. Les insectes Vésicants ne font donc pas exception à la règle générale établie pour les insectes, par M. de Lacaze-Duthiers.

EXPLICATION DES PLANCHES XII A XVII.

Planches XII et XIII.

Spermatogénèse et organes mâles.

Fig. 1. — Coupe transversale d'une moitié du testicule de Cantharis Vesicatoria, passant par le canal déférent. — *t*, tubes testiculaires; — *d*, canal déférent; — *o*, orifices des tubes dans le réservoir central; — *s*, faisceaux de spermatozoïdes; — *sp*, région profonde des tubes testiculaires, où se développent les spermatoblastes.

Fig. 2. — Deux tubes testiculaires très grossis (cantharide). — Mêmes lettres que dans la figure précédente. — *t*, tissu qui enveloppe le testicule; — *e*, épithélium du canal déférent et du réservoir; — *n*, noyaux dans la paroi des tubes testiculaires; — *g*, groupes de spermatoblastes à divers degrés de développement.

Fig. 3. — Coupe transversale du canal déférent au voisinage du testicule (cantharide).

Fig. 4. — Portion de la paroi d'un tube testiculaire dans sa région profonde. — *o*, ovules mâles, dont quelques-uns en division; — *c*, petites cellules; — *gg'*, groupes en division étoilés, début des amas de spermatoblastes.

Fig. 5 à 22. — Évolution successive des groupes de spermatoblastes chez la Cantharide jusqu'à la formation des faisceaux fusiformes de spermatozoïdes. En 13, 14, 16 et 20, les faisceaux sont partiellement dissociés. — *n*, noyau.

Fig. 23. — Enveloppes de groupes de spermatoblastes, vides de leur contenu.

Fig. 24 à 26. — Évolution des spermatoblastes jusqu'à la formation du spermatozoïde filiforme. — *n*, noyau du spermatoblaste; — *m*, corpuscule brillant accompagnant le noyau (corpuscule céphalique ou sphère spermatogène); — *c*, coiffe céphalique.

Fig. 27. — Pièces du neuvième urite chez *Mylabris melanura*, vue latérale. — T, neuvième tergite; — *Ep*, épimérites; — *et*, épisternite; — *sr*, sternorhabdite; — *cl*, cloison entre l'orifice génital et l'anus (9e sternite).

Fig. 28. — *Stenoria apicalis* ♂. — Epimerite *ep*, et branche correspondante du sternorhabdite *st*.

Fig. 29. — *Stenoria apicalis* ♂. — Pièces du neuvième urite, vues par la face ventrale. — Mêmes lettres que figure 27.

Fig. 30. — *Sitaris humeralis* ♂. — Pièces du neuvième urite. Face ventrale.

Fig. 31. — *Cerocoma schreberi* ♂. — Id. Id.

Fig. 32. — *Meloe majalis* ♂. — Orifice génital et pièces qui l'entourent (face ventrale); les épisternites forment une lame qui est rabattue en bas et en avant.

Fig. 33. — Languette chitinisée formée par l'extrémité de la cloison. (Meloe majalis.)

Fig. 34. — Orifice anal de la femelle du même et pièces qui l'entourent.

Fig. 35. — *Meloe americanus* ♂. — Pièces du neuvième urite; face ventrale.

Fig. 36. — *Epicauta Verticalis* ♂. — Cloison et épimérites.
Fig. 37. — Extrémité postérieure du sternorhabdite du même.
Fig. 38. — *Cantharis Vesicatoria* ♂. — Pièces du neuvième urite; face ventrale. — *m*, portion médiane mince du tergite.
Fig. 39. — Les mêmes vues de côté.
Fig. 40. — *Epicauta adspersa* ♂. — Pièces du neuvième urite vues latéralement.
Fig. 41. — Sternorhabdite du même.
Fig. 42. — *Lytta Fabricii* ♂. — Pièces du neuvième urite; face ventrale.
Fig. 43 — *Œnas afer* ♂. — Pièces du neuvième urite; vue latérale.
Fig. 44. — Sternorhabdite du même.
Fig. 45. — *Lydus marginatus* ♂. — Pièces du neuvième urite; face ventrale.
Fig. 46. — *Meloe majalis*. — Tergite du neuvième urite, vu par sa face ventrale, très grossi.

Planches XIV et XV.

Organes génitaux mâles et femelles.

Fig. 1. — Appareil copulateur de la Cantharide, vu du côté droit et très grossi. *b*, pièce basilaire; *p*, branches de la pince; *g*, gouttière péniale; *e*, conduit éjaculateur.
Fig. 2. — Les crochets de la gouttière péniale à un plus fort grossissement (mêmes lettres que fig. 1).
Fig. 3. — Appareil copulateur du même, vu du côté gauche.
Fig. 4. — La gouttière péniale et le pénis, isolés du reste de l'appareil.
Fig. 5. — Extrémité de la verge avec l'armure en croc (*c*).
Fig. 6. — *Mylabris melanura*. Étui corné extérieur de l'appareil copulalateur vu du côté droit.
Fig. 7. — Le même vu du côté gauche.
Fig. 8. — Gouttière péniale avec crochets, de *Mylabris melanura*, vue du côté droit.
Fig. 9. — La même, vue par la face ventrale.
Fig. 10. — Appareil copulateur de *Meloe majalis*. — Une seule valve de l'étui extérieur est figurée.
Fig. 11. — Extrémité terminale de la gouttière péniale et du pénis de *Meloe americanus*.
Fig. 12. — Étui corné extérieur de l'appareil copulateur de *Cerocoma Schæfferi*.
Fig. 13. — Gouttière péniale et pénis du même.
Fig. 14. — Gouttière péniale et pénis de *Cerocoma Schreberi*.
Fig. 15. — Étui corné extérieur de l'appareil copulateur de l'*Epicauta verticalis*, 25/1.
Fig. 16. — Gouttière péniale et pénis du même.
Fig. 17. — Extrémité terminale du pénis de *Lydus marginatus*.
Fig. 18. — Étui corné extérieur de l'apprreil copulateur de *Sitaris humeralis*.
Fig. 19. — Extrémité terminale du pénis du même.

FIG. 20. — Appareil copulateur de *Stenoria apicalis.*

FIG. 21. — Extrémité de l'étui pénial et de la verge du même.

FIG. 22. — Gaîne ovigère de *Cantharis vesicatoria.* — *a*, chambre postérieure renfermant l'œuf en développement; — *b*, petite chambre intermédiaire avec ovule *o*; — *c*, cellules vitellogènes.

FIG. 23. — Organes génitaux internes femelles de *Cantharis vesicatoria.* — *o*, ovaires; — *d*, oviductes; — *c*, vésicule copulatrice; — *s*, réservoir séminal; — *g*, glande accessoire; — *v*, vagin.

FIG. 24. — Cellules épithéliales du fond de la vésicule copulatrice. — *p*, cellules prismatiques; — *h*, éléments hyalins.

FIG. 25. — Portion de coupe longitunale du réservoir séminal de la Cantharide. — *m*, couche musculaire; — *e*, épithélium; — *c*, cuticule; — *s*, spermatozoïdes dissociés contenus dans le réservoir.

FIG. 26. — Un amas sphérique de cellules glandulaires *g* de la glande accessoire. La cuticule *c* du réservoir a été écartée pour montrer les conduits des glandes unicellulaires.

FIG. 27. — Organes génitaux internes ♀ de *Lytta Pensylvanica.* Mêmes lettres que figure 25.

FIG. 28. — Glande accessoire grossie, du même, montrant la disposition en grappe simple des groupes de glandes unicellulaires sur le réservoir central. — *g*, partie glandulaire; — *c*, portion non glandulaire de la glande accessoire.

FIG. 29. — Organes génitaux internes ♀ de *Zonitis mutica.* — Mêmes lettres que figure 25.

FIG. 30. — Organes génitaux internes ♀ de *Meloe autumnalis.*

FIG. 31. — Organes génitaux internes ♀ de *Meloe majalis.*

FIG. 32. — Organes génitaux internes ♀ de *Epicauta verticalis.*

FIG. 33. — Organes génitaux internes ♀ de *Mylabris melanura*, grossis.

FIG. 34. — Organes génitaux internes ♀ de *Mylabris geminata*, grossis.

PLANCHES XVI ET XVII.

Organes femelles externes.

Les lettres employées dans les figures de cette planche correspondent aux organes ci-après : — *t*, tergite; — *s*, sternite; — *cl*, cloison; — *em*, épimérite; — *es*, épisternite; — *sr*, sternorhabdite; — *a*, orifice anal; — *v*, orifice vaginal.

FIG. 1. — Orifice vaginal et épisternites *es*, avec leur rhabdite cylindrique chez *Meloe majalis.* — Les épisternites ont été déjetés un peu de côté.

FIG. 2. — Armure génitale ♀ de *Cerocoma Schreberi*, vue par la face ventrale.

FIG. 3. — Tergites *t* et épimérites *em* de l'armure ♀ de *Mylabris melanura.*

FIG. 4. — Sternite *s*, épisternite (?) *es*, sternorhabdites *sr* et *s'r'* du même.

FIG. 5. — Armure génitale ♀ de *Œnas afer*, vue par la face ventrale.

FIG. 6. — Armure génitale ♀ de *Pomphopœa texana*, vue latéralement.

FIG. 7. — Tergite formé de deux pièces et épimérites du même, vus par la face dorsale; à un, plus fort grossissement.

Fig. 8. — Épisternite (?) *es* et sternorhabdites du même, vus par la face ventrale.

Fig. 9. — Épimérite de l'armure ♀ de la Cantharide ordinaire, à un fort grossissement.

Fig. 10. — Huitième tergite *T* du même, avec le neuvième tergite *t* et les épimérites *em* saillants en arrière.

Fig. 11. — Sternorhabdite du même, très grossi.

Fig. 12. — Huitième sternite *S* du même et épisternite (?), avec sternorhabdites vus par la face ventrale.

Fig. 13. — Sternite et épisternites de l'*Epicauta Verticalis* ♀ vus par la face ventrale.

Fig. 14. — Pièces étalées de l'armure génitale ♀ de l'*Epicauta adspersa.*

Fig. 15. — Pièces droites étalées de l'armure génitale femelle de *Meloe americanus.*

Fig. 16. — Armure génitale ♀ de *Macrobasis albida.*

Fig. 17. — Sternorhabdite de *Lydus algiricus* ♀.

Fig. 18. — Armure génitale ♀ de *Coryna distincta.* Pièces étalées.

Fig. 19. — Armure génitale ♀ de *Zonitis prœusta*, vue par la face dorsale.

Fig. 20. — Épisternite et rhabdite du même.

Fig. 21. — Armure génitale ♀ de *Nemognatha bicolor*, vue latéralement.

Fig. 22. — Armure génitale ♀ de *Sitaris humeralis.* Pièces étalées.

Fig. 23. — Épimérite du même, vu latéralement.

Fig. 24. — Armure génitale ♀ de *Stenoria apicalis*, vue latéralement.

Fig. 25. — Armure génitale ♀ de *Leptopalpus rostratus*, vue latéralement.

Fig. 26. — Épisternite du même, étalé.

Fig. 27. — Neuvième tergite et épimérites de *Epicauta Verticalis* ♀.

ANALYSES ET EXTRAITS

DE TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Dr Guldberg, de Christiania. — *Contribution à l'histoire naturelle des baleines des mers du Nord.* (*Zur Biologie der nordatlantischen Finwalarten* Zoologischen Iahrbücher de W. Spengel, vol. II, Iena, 1886.)

Jusque vers le milieu de ce siècle, l'histoire naturelle des baleines, ces géants des mers, présentait des lacunes considérables, qui expliquent les fables ayant cours actuellement. Dans ces dernières années, une série de circonstances heureuses ont singulièrement favorisé l'étude de l'anatomie et de la physiologie de ces mammifères : je veux parler de l'exploitation industrielle dont ils sont l'objet. Après bien des tentatives malheureuses, depuis 1865, le capitaine norwégien Svend Foÿn trouva, enfin, un moyen sûr et pratique de chasser la baleine, et fonda à Vadso, dans le Varangerfjord, le premier établissement destiné à cet objet. Depuis, d'autres usines succédèrent à celle-ci, de façon que les savants purent se procurer plus facilement des sujets d'étude. Plusieurs naturalistes norwégiens et suédois visitèrent ces établissements dès 1878, et, en 1881, le professeur G. Pouchet organisa, en France, une mission scientifique qui contribua à attirer l'attention sur ces cétacés et enrichit le Muséum de pièces anatomiques rares et uniques. Tandis que G. Pouchet poursuit, en France, ses recherches sur les cétacés des mers chaudes, les *Cachalots*, et augmente sa collection en sauvant de la destruction les baleines échouées sur les côtes de France, le Dr Guldberg, de Christiania, que j'ai vu à l'œuvre pour la première fois, en 1881, dans l'Océan arctique, continue la série de ses publications relatives à l'histoire naturelle des baleines du Nord.

Dans le présent travail, intitulé *la Biologie des baleines de l'Océan arctique*, il s'agit principalement du genre de vie et des mœurs des baleines. L'auteur résume, d'après ses observations personnelles, nos connaissances actuelles sur le mode d'existence, la reproduction et la gestation de ces mammifères océaniques.

Les baleines des mers septentrionales de l'Europe comprennent cinq espèces : le *Mégaptère* (*Megaptera boops*), *Balænoptera rostrata*, *Balænoptera borealis*, *Balænoptera musculus*, *Balænoptera Sibbaldii*. Chez ces diverses espèces, on observe ce fait, remarquable dans la classe des mammifères, à savoir que la femelle adulte atteint une taille plus élevée que le mâle. Celle-ci varie également d'une espèce à l'autre : la longueur du Mégaptère (femelle adulte) est de 14 mètres en moyenne; celle de *B. rostrata* n'est que de 10 mètres; celle de *B. borealis* est de 13 à 16 mètres; celle de *B. musculus*, de 20 mètres, et enfin celle de *B. Sibbaldii*, de 24 mètres. L'exploitation des

petites espèces étant peu productive, il va de soi que les baleiniers les chassent peu. J'ajoute que, pendant notre séjour en Laponie, M. Svend Foÿn n'a fait prendre un Mégaptère que dans l'unique but de l'offrir à la mission française. J'ai pu constater sur cet individu, comme c'est le cas de son espèce, qu'il était couvert de crustacés cirrhipèdes et amphipodes, qui y vivent en parasites, tels que *Coronula, Conchoderma* et *Cyamus*. Le *B. rostrata* fréquente surtout les côtes sud-ouest de la Norwége, tandis que le Mégaptère est répandu dans tout le nord de l'Océan atlantique et dans l'Océan boréal. Les baleiniers ont souvent constaté la touchante fidélité du Mégaptère : lorsqu'il est blessé, son compagnon ne quitte le mort que quand celui-ci est amarré au vaisseau et emmené. En été, il ne mange que des crustacés, mais il est probable qu'il se nourrit aussi de poissons. Le *B. borealis* est très abondant sur les côtes du Finmark. Il n'y arrive qu'au mois de juin et disparaît quand le *B. musculus* et le *B. Sibbaldii* viennent en nombre. Les *B. borealis* et *Sibbaldii* se nourrissent essentiellement de crustacés (*Thysanopodes*) ; on a trouvé, dans l'estomac du dernier, de 4 à 10 hectolitres de ces crustacés. Le *B. musculus* poursuit les harengs et les « Lodden » (*Osmerus arcticus*), jusque sur les côtes de Norwége. Aussi existe-t-il une croyance, accréditée aujourd'hui encore chez les pêcheurs, que cette espèce amène le poisson. On accuse les baleiniers d'être la cause de l'absence du poisson et de priver les pêcheurs de leurs moyens d'existence. C'est pour le même motif que les anciennes lois défendaient de tuer les baleines. Les diverses espèces de baleines n'abondent pas également tous les ans ; telle année, l'une ou l'autre apparaît en plus grand nombre : en 1886, on a pris peu de *B. Sibbaldii*, tandis que la même année, on a tué 750 *B. boreales*. En 1886, on a pris, en revanche, 100 *B. Sibbaldii* et bien moins de *B. boreales*.

L'époque de la reproduction (rut) varie selon l'espèce : elle a lieu vers le mois d'avril pour le Mégaptère ; vers le mois de janvier pour le *B. rostrata ;* dans les premiers mois de l'année, pour le *B. musculus*, et il paraît que le rut du *B. Sibbaldii* ne se présente pas à une époque déterminée. La copulation a été observée chez cette dernière espèce seulement. D'après le capitaine Svend Foÿn, elle se ferait de la façon suivante : la femelle passe et repasse près du mâle et se met sur le flanc ; le mâle poursuit la femelle et quand il l'a atteinte, il prend une position semblable. Ils entrelacent leurs ailerons et accomplissent ainsi l'union. A la fin de l'acte, ils enfoncent et se quittent aussitôt après. D'autres baleiniers ont confirmé ce récit.

La durée de la gestation est, comme chez la plupart des mammifères, en rapport avec la grosseur de l'espèce et avec la taille du baleineau. Elle dure plus d'un an chez le *B. Sibbaldii*, et le jeune atteint 7 à 8 mètres. Elle est d'un an environ chez le *B. musculus ;* elle n'est que de dix mois chez le *B. rostrata*, où le baleineau n'a qu'une longueur de 2 mètres à $2^m,8$. Enfin, chez le Mégaptère, la gestation est de onze mois à un an et le jeune a une taille de 4 mètres à 4 mètres et demi.

Les mensurations de Guldberg concordent avec l'opinion répandue chez les baleiniers norwégiens, que le baleineau à la naissance a le tiers de la longueur de la mère. Cependant, une observation de G. Pouchet (*Acad. Sciences*, 2 fév. 1885), semble infirmer cette règle.

En tout cas, le baleineau est très développé à la naissance, ce qui est une conséquence du milieu dans lequel il est destiné à vivre. Les conditions d'existence sont en effet assez compliquées, dès le début, pour le nouveau-né : il doit s'orienter pour suivre la mère, pour trouver les mamelles, pour remonter à la surface de la mer et respirer, pour plonger ensuite et se remettre à téter. Le baleineau suit la mère pendant longtemps, probablement jusqu'au moment où il atteint la moitié de la longueur de celle-ci. La baleine met habituellement un seul petit au monde, quoique des observateurs dignes de foi aient signalé des portées de deux petits.

Cette courte analyse ne résume que quelques points du travail du D[r] Guldberg. Elle ne peut que donner une idée très incomplète de l'étendue des recherches de l'auteur. Les embryologistes trouveront des listes détaillées de fœtus chez les diverses espèces, ainsi que de l'endroit et de la date où la mère a été prise. C'est d'après la taille des fœtus, variable selon les mois de l'année, que l'auteur a pu donner les résultats relatifs à la gestation et à l'époque du rut.

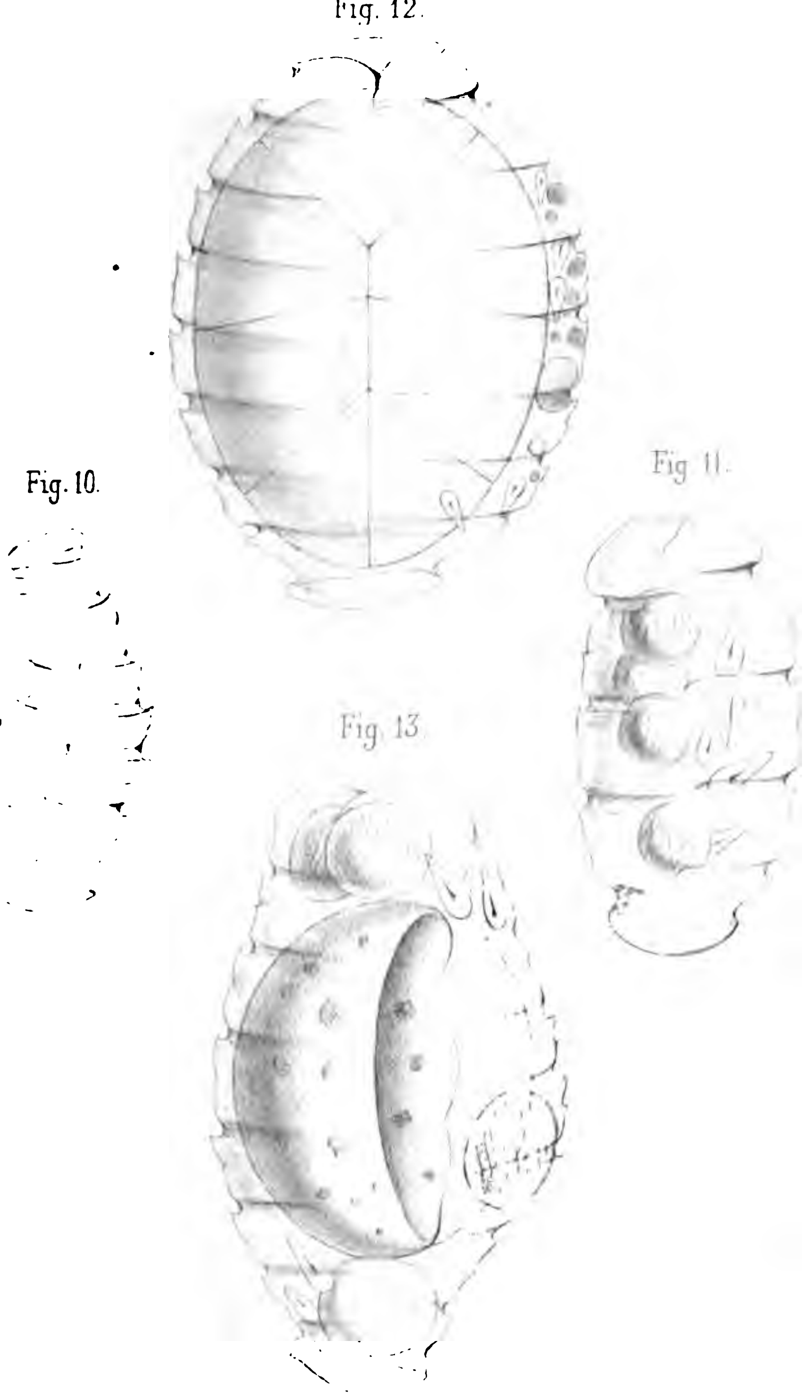
Mes souvenirs personnels m'ont permis d'apprécier, comme elles le méritent, la précision et la valeur des observations du jeune savant de Christiania. Tant par ses propres recherches que par la saine critique à laquelle il a soumis les matériaux épars dans la science, l'auteur a fait preuve d'un esprit véritablement scientifique, et, son travail comble une lacune considérable dans l'histoire naturelle des baleines.

D[r] Retterer.

Le Propriétaire-gérant,

Félix ALCAN.

Saint-Denis. — Imprimerie Ch. Lambert, 17, rue de Paris.

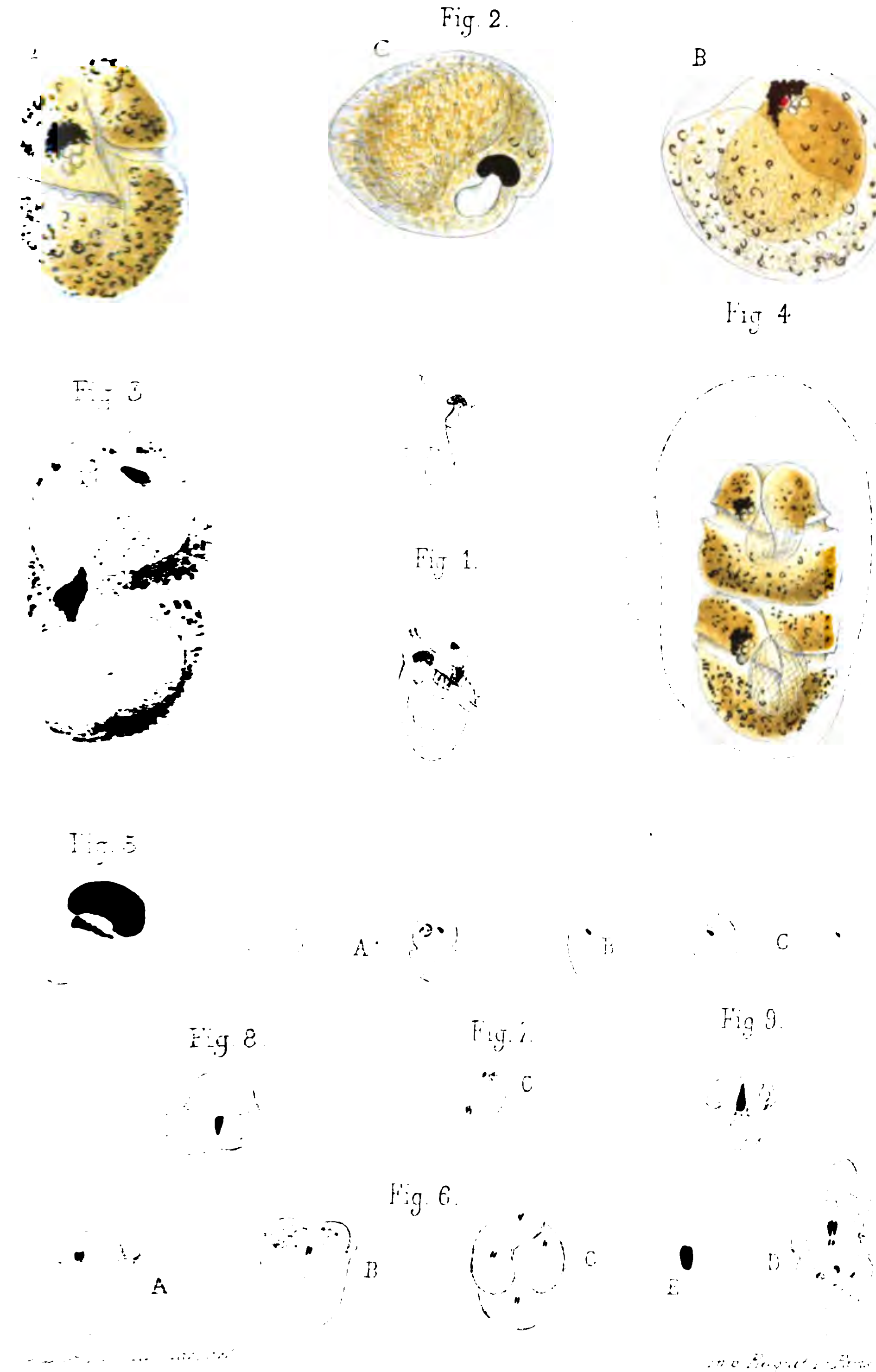


Pavrous ad nat. del.

Imp. Becquet fr. Paris.

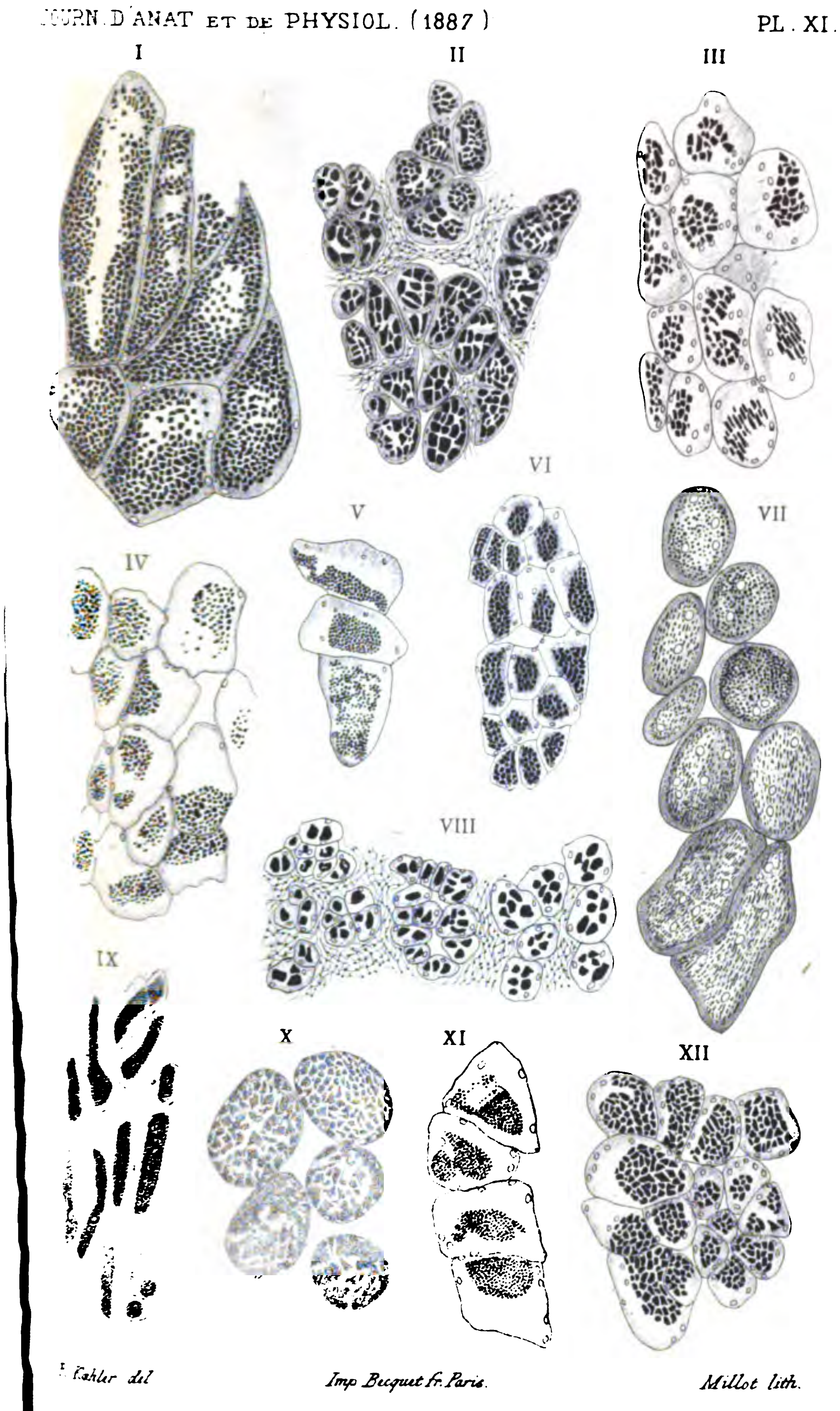
Polykrikos auricularia Bergh.

Félix Alcan Editeur.



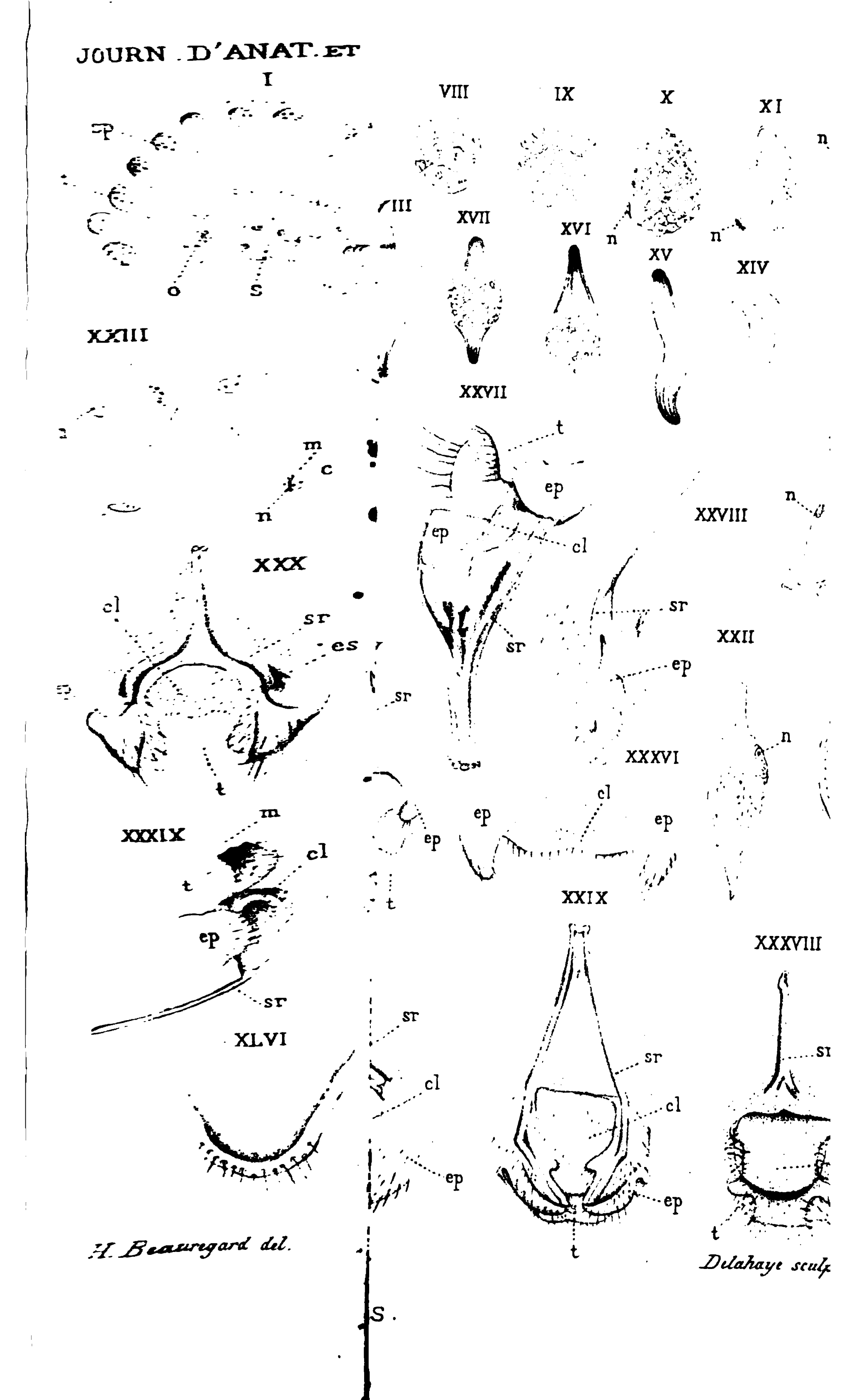
Gymnodinium Polyphemns P., etc.

Félix Alcan Editeur

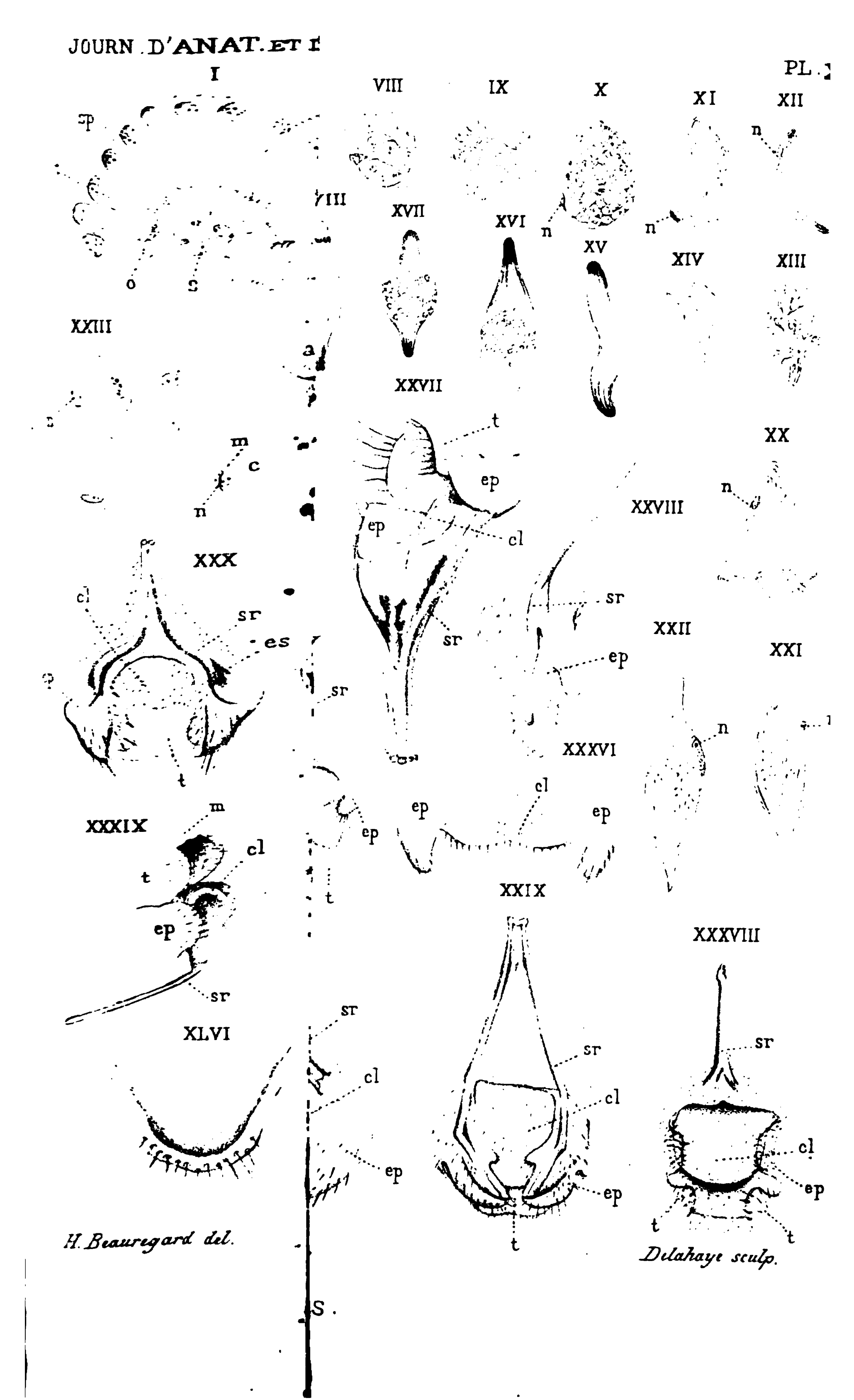


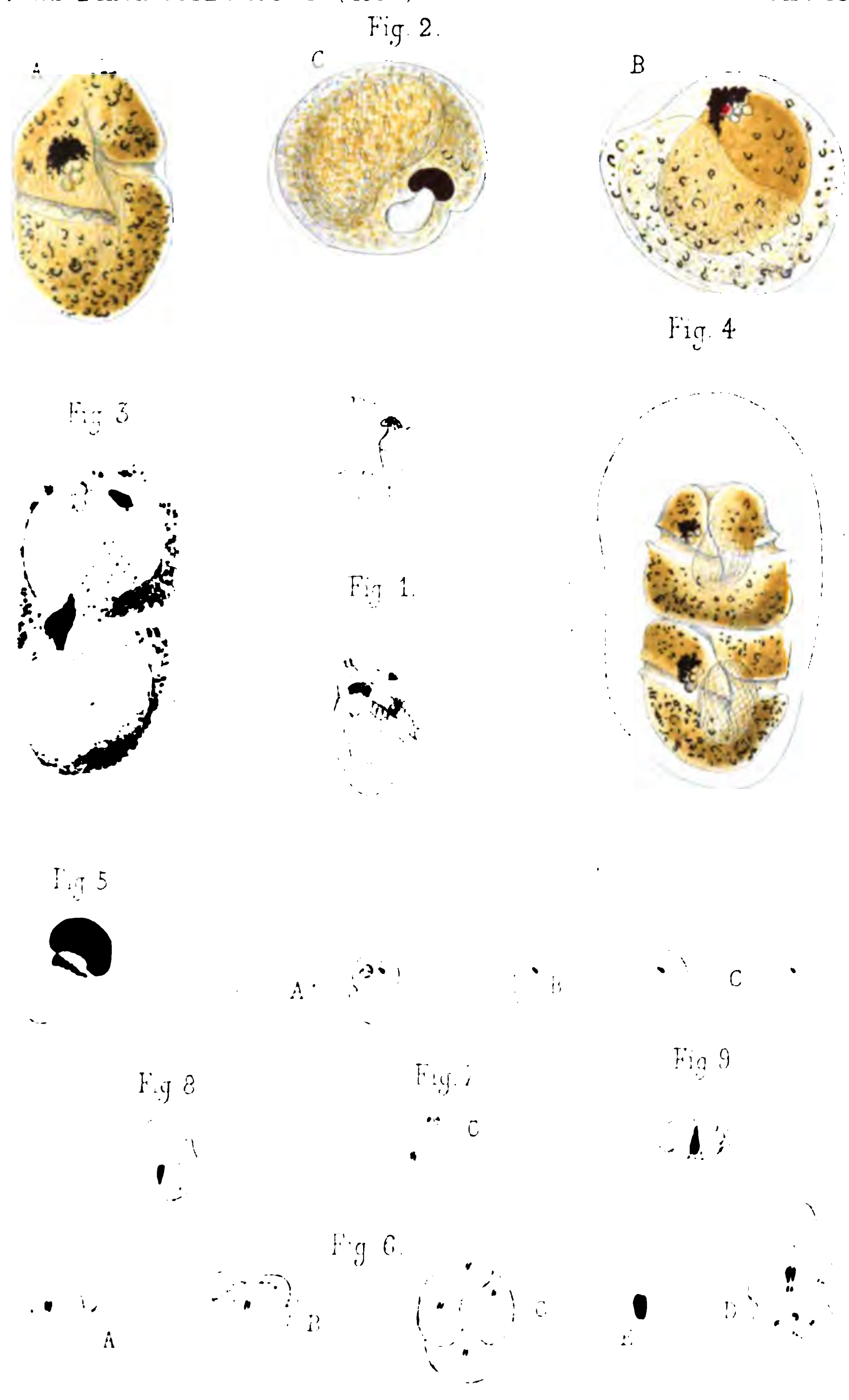
Fibres musculaires des Crustacés Edriophtalmes.

Félix Alcan, Editeur.



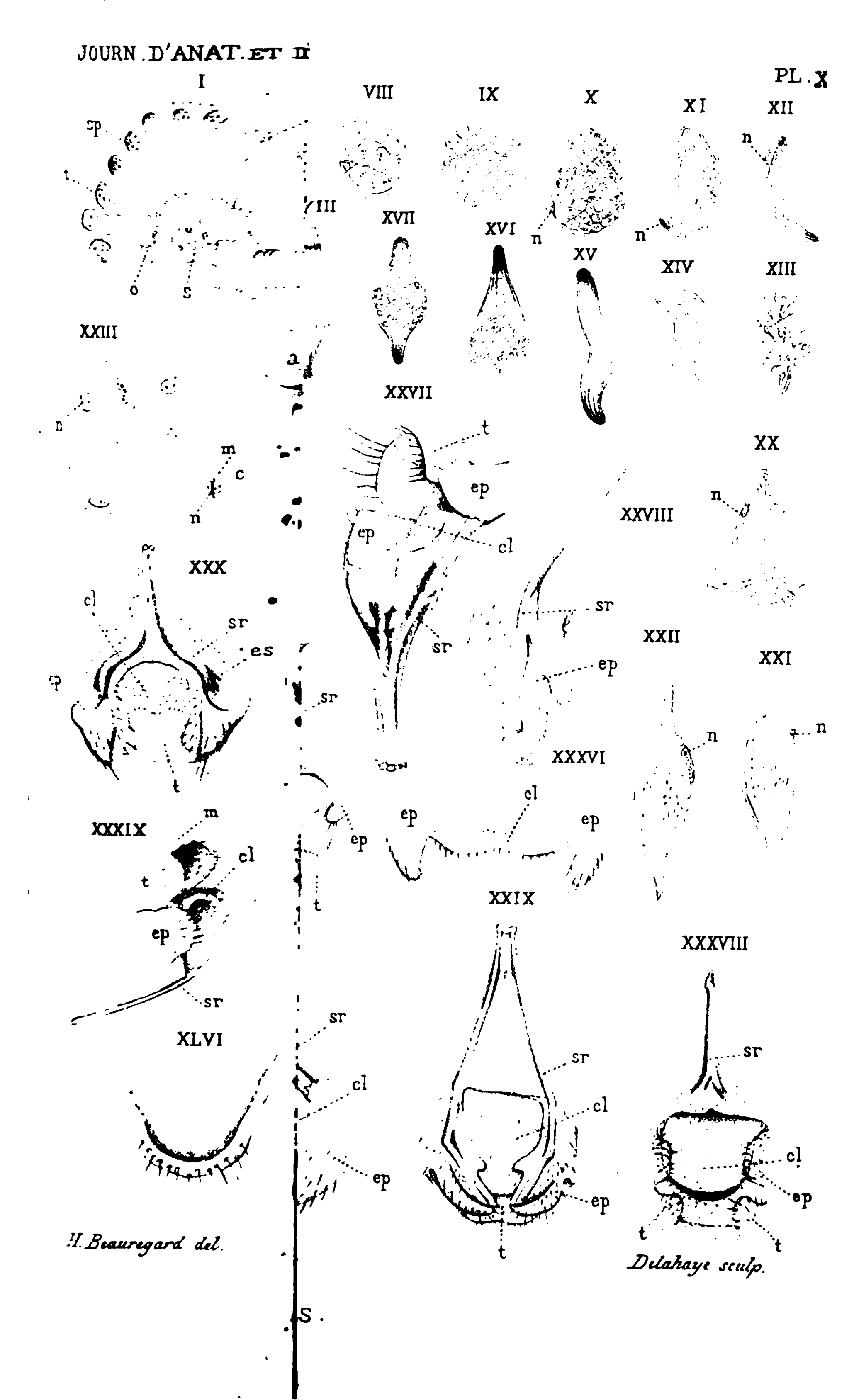
JOURN. D'ANAT. ET
I
VIII
IX
X
XI
n
III
XVII
XVI
XV
XIV
o
S
XXIII
XXVII
t
m
c
ep
n
ep
cl
XXVIII
n
XXX
cl
sr
sr
es
sr
sr
XXII
ep
n
t
XXXVI
cl
ep
ep
XXXIX
m
ep
cl
t
t
ep
sr
XXIX
XXXVIII
XLVI
sr
sr
sr
cl
cl
ep
ep
t
t
H. Beauregard del.
Delahaye sculp
S.


I
VIII
IX
X
XI
XII
XVII
XVI
XV
XIV
XIII
XXIII
XXVII
XX
XXVIII
XXX
XXII
XXI
XXXVI
XXXIX
XXIX
XXXVIII
XLVI
sp
o
s
a
m
c
n
t
ep
cl
sr
es
S
H. Beauregard del.
Delahaye sculp.



Gymnodinium Polyphemus P., etc.

Félix Alcan Éditeur


I
ep
t
o
s
VIII
IX
X
XI
XII
n
n
n
III
XVII
XVI
XV
XIV
XIII
XXIII
a
n
m
c
n
XXVII
t
ep
ep
cl
XX
n
XXVIII
XXX
cl
sr
es
ep
t
sr
sr
sr
ep
XXII
XXI
n
n
XXXVI
cl
XXXIX
m
cl
t
ep
ep
ep
ep
t
sr
XXIX
XXXVIII
XLVI
sr
sr
sr
cl
cl
cl
ep
ep
ep
t
t
t
S
H. Beauregard del.
Delahaye sculp.

étudié le livre de M. Lombroso, serait assez apte à juger un homme sur sa physionomie et sur son apparence. Il ne faudrait pas affirmer que l'apparence n'est pas trompeuse. Nous sommes désarmés contre l'atavisme, mais l'atavisme se laisse surprendre dans la manière d'être des hommes. Bref, M. Lombroso, imbu de son sujet depuis de longues années, exagère peut-être les conséquences qu'il faut en tirer. Le type criminel existe sans doute en principe, mais nous aurions quelque peine à admettre que tout criminel est dominé par les lois de l'atavisme et qu'il obéit à des suggestions héréditaires.

Aux belles études de M. Lombroso est joint un atlas de 32 planches. Cet atlas est à lui seul une curiosité. Il reproduit le portrait d'un très grand nombre de criminels. C'est sur chacune de ces photographies ou de ces dessins que l'auteur fait porter ses explications. Ces types de voleurs et d'assassins sont pris sur le vif; ils sont disséqués en quelque sorte par M. Lombroso, qui montre que sur chacun d'eux on retrouve bien les caractères spécifiques qu'il a passés en revue. Les femmes criminelles, étudiées et reproduites par la photographie, sont au nombre de 84, dont 59 allemandes, 16 américaines, 8 italiennes. Quels types! quelle collection de brigands, d'incendiaires et d'empoisonneurs! M. Lombroso a recueilli et publié les fac-similés des écritures et des dessins d'assassins, de voleurs, notamment un dessin de Troppmann. L'écriture aussi révèle le caractère. On l'a dit depuis longtemps; M. Lombroso cherche aussi à le démontrer. Nous ne pouvons insister sur *l'Homme criminel*, il faudrait tout citer.

H. DE P. (*Journal des Débats.*)

OUVRAGES SUR LE MÊME SUJET :

MAUDSLEY. — **Le crime et la folie.** 1 vol. in-8°, 4e édit. . . . 6 fr.

MAUDSLEY. — **La pathologie de l'esprit.** 1 vol. in-8°. . . . . 7 fr. 50

TARDE. — **La criminalité comparée.** 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. . . . . 2 fr. 50

L'HÉRÉDITÉ PSYCHOLOGIQUE

Par Th. **RIBOT.**

3e édition revue. 1 vol. in-8° de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 7 fr. 50

SENSATION ET MOUVEMENT

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES DE PSYCHO-MÉCANIQUE

Par Ch. **FÉRÉ**, médecin de Bicêtré.

1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine,* avec 44 graphiques dans le texte. . . . . 2 fr. 50

Cet ouvrage consiste en une série d'études dans lesquelles l'auteur applique la méthode graphique à l'examen des rapports entre les divers états psychiques chez l'homme et les perturbations physiques qui les accompagnent. Il passe ainsi en revue les influences de l'exercice intellectuel, de la parole, de la suggestion mentale, du plaisir et de la douleur, des émotions, sur la force musculaire, sur les mouvements du corps et sur la sensibilité.

Du même auteur, en collaboration avec M. BINET : **Le magnétisme animal.** 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale.* (Voir plus loin, page 12.)

LES PHÉNOMÈNES AFFECTIFS

ET LES LOIS DE LEUR APPARITION

ESSAI DE PSYCHOLOGIE GÉNÉRALE

Par Fr. PAULHAN

1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

Cette question est de celles qui ont été le moins étudiées par les psychologues, qui se sont surtout appliqués à l'examen des phénomènes intellectuels. Les lois des sentiments présentent cependant un grand intérêt. L'auteur a commencé cette étude par la détermination des lois de leur apparition; il recherche les conditions et les caractères généraux de ces phénomènes, et leurs modifications particulières donnant naissance à chacun des principaux groupes de phénomènes affectifs, *passions, sentiments, impulsions, sensations, affections et émotions*. Suivant lui, le phénomène affectif indique un trouble qui peut aboutir à une systématisation de l'organisme, mais il est toujours le signe d'une imperfection ou d'un désordre de l'activité.

ESQUISSES DE PHILOSOPHIE CRITIQUE

Par A. SPIR

PRÉCÉDÉES D'UNE PRÉFACE DE M. A. PENJON, professeur à la Faculté des lettres de Douai.

1 vol. in-18 . . . . 2 fr. 50

M. A. Spir, écrivain originaire de la Russie méridionale, connu par d'importants travaux publiés en langue allemande, vient aujourd'hui mettre ses idées à la portée du public français. En résumant nettement, dans sa préface, les théories de M. Spir, M. A. Penjon s'est attaché à en faire ressortir l'originalité et la valeur scientifique; comme il le dit très bien, sa doctrine ne repose pas sur une nouvelle hypothèse métaphysique; elle ne vise pas à *expliquer* les faits, mais bien à les *constater* exactement et à en déduire les conséquences logiques; par-dessus tout « elle s'inspire de la nécessité philosophique et sociale de rétablir, en un temps où les autorités extérieures ont diminué leur crédit, l'autorité de la conscience morale et de la raison ».

(*Journal des Débats*.)

L'HOMME ET L'INTELLIGENCE

FRAGMENTS DE PHYSIOLOGIE ET DE PSYCHOLOGIE

Par **Charles RICHET**

Agrégé à la Faculté de médecine de Paris.

2e édition, 1 vol. in-8° de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. . . . 10 fr.

LA MATIÈRE ET L'ÉNERGIE

Par Émile FERRIÈRE.

1 fort vol. in-12. . . . . 4 fr. 50

L'auteur a déjà publié de nombreux ouvrages de philosophie scientifique parmi lesquels nous rappellerons : *le Darwinisme, l'Ame et la fonction du cerveau, les Apôtres*, essai d'histoire religieuse d'après la méthode des sciences naturelles, etc.

Dans ce nouvel ouvrage il s'est proposé de démontrer l'unité de substance au moyen de faits positifs, à l'exclusion de tout argument *à priori*.

Nulle des grandes questions qui concernent la matière et l'énergie n'est omise dans

ce livre; chacune y est traitée à l'aide des faits qui font loi aujourd'hui et conformément aux théories consacrées par l'expérience. Voici d'ailleurs un résumé de la table des matières :

LA MATIÈRE : *Ses états, sa divisibilité, lois des combinaisons, conservation, isomérie, constitution des matières organiques, circulation, unité de la matière.*

L'ÉNERGIE : *Énergie du mouvement de la masse totale des corps ou Énergie mécanique ordinaire. — Principe de l'inertie. — Énergie du mouvement des molécules des corps ou Énergie mécanique moléculaire. — La chaleur dans les trois états de la matière. — Équivalence du travail et de la chaleur. — Les transformations de l'énergie; l'énergie vitale terrestre vient du soleil. — Le matière et l'énergie dans les espaces célestes. — Lunette et télescope, analyse spectrale, le mouvement.*

ESSAI SUR LE LIBRE ARBITRE

SA THÉORIE ET SON HISTOIRE

Par **G.-L. FONSEGRIVE**

Professeur de philosophie au lycée de Bordeaux.

OUVRAGE COURONNÉ PAR L'ACADÉMIE DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* . . . . 7 fr. 50

Les graves problèmes moraux et sociaux qui touchent à la responsabilité humaine sont agités partout à propos de l'hypnotisme, des théories des médecins aliénistes ou des jurisconsultes criminalistes, de certains verdicts du jury. Tous ces problèmes relèvent de la question du Libre Arbitre. L'ouvrage que nous annonçons a pour but de mettre sous les yeux du lecteur le résumé des débats et des arguments auxquels cette question a donné lieu dans toutes les écoles depuis Socrate jusqu'à nos jours. Aussi, l'auteur a-t-il consacré à l'histoire toute la première partie de son livre. Il ne se borne pas à faire connaître l'opinion des philosophes et des savants, il raconte aussi l'essentiel des controverses théologiques. C'est, croyons-nous, le premier travail complet de ce genre qui ait paru.

Dans la deuxième partie, l'auteur soumet d'abord à une critique très rigonreuse les arguments pour et contre le Libre Arbitre. Il fait ensuite une théorie de la volonté où il combine les vues de la philosophie d'Aristote avec les résultats acquis par la psychologie scientifique contemporaine et à la suite de laquelle il croit pouvoir affirmer l'existence du Libre Arbitre. Aussi vivement préoccupé de la morale que de la théorie, il consacre un chapitre entier à décrire les moyens pratiques et peu connus par lesquels on peut se maintenir libre. Il déroule enfin dans une suite de chapitres la série des conséquences du Libre Arbitre dans les divers domaines de la pensée et de l'action : conséquences métaphysiques, — scientifiques, — morales, — sociales, — esthétiques. Une table alphabétique très détaillée termine le volume et facilite les recherches.

ÉMILE DE LAVELEYE. — **Le Referendum.** 1 brochure in-8 . . . . . 1 fr.

II. — HISTOIRE — GÉOGRAPHIE

RECUEIL DES INSTRUCTIONS

DONNÉES

AUX AMBASSADEURS ET MINISTRES DE FRANCE

DEPUIS LES TRAITÉS DE WESTPHALIE JUSQU'A LA RÉVOLUTION FRANÇAISE

Publié sous les auspices de la Commission des Archives diplomatiques du ministère des Affaires Étrangères

III. — PORTUGAL

AVEC UNE INTRODUCTION ET DES NOTES

Par **M. le Vicomte DE CAIX DE SAINT-AYMOUR**

Un volume grand in-8 sur papier de Hollande. . . . . **20 fr.**

Nous avons défini, lors de l'apparition des deux premiers volumes de cette collection, le caractère général du *Recueil des Instructions diplomatiques.* Rappelons seulement qu'il

est une œuvre d'euseignement politique plutôt qu'une œuvre d'érudition, et qu'il se propose moins d'éditer des textes avec l'appareil scientifique dont la *Collection des documents inédits* fournit des modèles achevés, que de mettre à la disposition de nos agents et de nos historiens une sorte de manuel des traditions politiques de la France.

Le premier volume (Autriche) et le second (Suède) offraient aux lecteurs français un grand intérêt, en raison des relations politiques entretenues avec ces deux puissances. Le troisième ne leur cède en rien; il se trouve justement que, par une singulière fortune, la France a été directement mêlée à l'origine du peuple portugais, lorsqu'il constitua son indépendance au XIIe siècle, et à sa renaissance nationale lorsque, après soixante années d'esclavage, il secoua le joug des Espagnols au milieu du XVIIe. C'est en effet un prince français, Henri, cadet de la maison capétienne de Bourgogne, qui régna le premier sur les pays conquis sur les Musulmans dans la contrée qui reçut plus tard le nom de Portugal. Quand, cinq siècles plus tard, un des arrière-neveux de ce fondateur de la monarchie portugaise, Jean, duc de Bragance, eut entrepris de reconstituer son indépendance, c'est encore la France qui encouragea ses efforts et qui lui prêta le secours de sa diplomatie et de ses armes, pour maintenir contre les Castillans et faire accepter de l'Europe ce qu'une heureuse révolution avait accompli. Lors de la guerre de la succession d'Espagne, le Portugal nous rappela cruellement que l'égoïsme est la première vertu des peuples, mais cette attitude prit fin avec les causes qui l'avaient fait naître, et l'amitié du Portugal et de la France peut être considérée désormais comme hors de toute atteinte.

On voit l'importance des instructions venues de France dans un pays où les agents français ont pris une si grande part à la direction des événements.

suite de la déclaration de guerre et de l'abolition de la royauté, les relations politiques de la France avec presque toutes les puissances européennes furent interrompues; elles ne le furent jamais avec la Suisse. L'ambassade de Barthélemy se trouva donc être le centre des relations que la France tâchait d'entretenir d'une façon occulte avec l'étranger; sa correspondance ne traite pas seulement des relations de la France avec le Corps helvétique, mais de l'ensemble des affaires européennes.

Cette publication comprendra plusieurs volumes. Le premier contient la correspondance de Barthélemy avec Dumouriez et Le Brun, nos ministres des Affaires étrangères pendant l'année 1792. Il leur rapporte l'effet produit par la proclamation de la déchéance du roi, et la façon dont il fit connaître au Corps helvétique la journée du 10 août et ses conséquences. Les correspondances relatives aux régiments suisses et à leur licenciement, aux intrigues des émigrés en Suisse et en Allemagne, sont autant de chapitres intéressants dans lesquels les historiens de la Révolution trouveront des renseignements curieux et inédits jusqu'à ce jour.

M. Kaulek, chef de bureau aux Archives du ministère des Affaires étrangères, auquel on devait déjà le premier volume de l'*Inventaire analytique* (correspondance de Castillon et Marillac, ambassadeurs de France en Angleterre), a apporté de même dans ce nouveau volume un soin judicieux dans le choix des pièces à publier intégralement ou par extraits, et dans la rédaction des notes destinées à éclairer ce texte si intéressant. Disons, pour terminer, que l'ouvrage est imprimé avec un soin tout particulier sur beau papier, en format grand in-8°.

VOLUMES PUBLIÉS DE L'INVENTAIRE ANALYTIQUE :

CORRESPONDANCE POLITIQUE, ANGLETERRE (1538-1547). *Ambassades de MM. de Castillon et de Marillac*, par M. Jean KAULEK, avec la collaboration de MM. Louis FARGES et Germain LEFÈVRE-PONTALIS. 1885. 1 vol. gr. in-8° . . . . . **15 fr.**

LA PUBLICATION SERA CONTINUÉE PAR LES VOLUMES SUIVANTS :

ANGLETERRE (1546-1549). *Ambassade de M. Selve*, par M. Germain LEFÈVRE-PONTALIS (*sous presse*).

PAPIERS DE BARTHÉLEMY (1793), par M. Jean KAULEK (*en préparation*).

LA TUNISIE

Par **J.-L. DE LANESSAN**, député de la Seine.

1 vol. in-8 avec une carte en couleurs hors texte. . . . . **5 fr.**

Ce livre est le fruit d'observations personnelles, et les documents qu'il renferme ont été recueillis sur place au cours d'un récent voyage. On y trouvera sur la situation de l'agriculture et de l'industrie indigène, sur les établissements agricoles et industriels créés par les Français en Tunisie des détails précis et des renseignements inédits. L'avenir commercial de notre nouvelle colonie est minutieusement étudié dans ce volume; les conditions du crédit, les douanes, les impôts, dont le poids pèse si lourdement sur notre protectorat, avec les solutions que ces importantes questions comportent sont vigoureusement mis en relief. Les voies de communication à créer, les ports à creuser ou à améliorer, les procédés d'exécution des travaux publics et enfin les réformes à opérer dans l'intérêt du pays et de la colonisation complètent cette enquête agricole, industrielle et économique et font du livre de M. de Lanessan l'ouvrage le plus complet, le plus moderne qui ait été publié sur la Tunisie.

DU MÊME AUTEUR :

L'expansion coloniale de la France, étude économique, politique et géographique sur les établissements français d'outre-mer. 1 vol. grand in-8 de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*, avec 19 cartes hors texte. . . . . **12 fr.**

.....Après avoir, dans une courte introduction, mis en lumière les causes générales du mouvement d'expansion coloniale qui pousse les plus grandes nations de l'Europe

en dehors de leurs frontières, l'ouvrage nous présente les conditions dans lesquelles se trouvent nos colonies, réunies en un petit nombre de groupes, d'après les affinités qu'ils ont entre eux, en étudiant toutes les questions géographiques, historiques, politiques, commerciales, agricoles, industrielles, administratives, que soulève l'histoire de ces colonies et en insistant d'une façon toute particulière sur celles de ces questions qui intéressent davantage leur avenir.

Les chapitres suivants sont consacrés aux problèmes coloniaux d'un ordre général, tels que l'immigration européenne, africaine, indienne, chinoise, la colonie pénale; l'organisation administrative, judiciaire, financière, militaire de nos colonies et leurs rapports avec la métropole. Le dernier chapitre, dans ses conclusions générales, nous résume toutes les considérations principales qui résultent de l'étude complète de la grave solution du problème colonial.

Les nombreuses et excellentes cartes qui accompagnent le texte permettent au lecteur de suivre les débats avec la plus parfaite exactitude.

« On me pardonnera, dit l'auteur, de laisser percer dans ces pages les habitudes de mon esprit et de les écrire en naturaliste. La vérité ne pourra qu'y gagner. »........

Jamais jusqu'à ce jour la question coloniale n'avait été présentée avec une clarté et une logique aussi intéressantes; aussi croyons-nous l'œuvre de M. de Lanessan appelée à rendre de très utiles services au pays et à ses colonies.

(*Bulletin de la Réunion des Officiers.*)

III. — ÉTUDES MILITAIRES

LA FRANCE PAR RAPPORT A L'ALLEMAGNE

ÉTUDE DE GÉOGRAPHIE MILITAIRE

Par le major Camille PENY

Attaché au ministère de la guerre et à la direction supérieure du corps d'état-major belge.

Deuxième édition.

1 vol. in-8. . . . . 6 fr.

Cet ouvrage a pour but de rechercher quelles seraient les conditions réciproques et les probabilités dans une guerre nouvelle entre l'Allemagne et la France. eu égard à la constitution géographique de cette dernière et à son système de défense. Il approfondit la question de l'extension de la guerre sur les territoires belge et suisse, et examine l'influence que le concours de l'Italie donné à l'Allemagne pourrait avoir sur les manœuvres défensives ou contre-offensives de l'armée française. L'auteur envisage aussi le rôle que serait appelée à jouer l'action politique, et à ce point de vue, son livre n'est pas écrit exclusivement pour les militaires, mais aussi pour tous ceux qui s'intéressent aux questions de politique internationale et à la réorganisation des forces de la France.

IMPRESSIONS DE CAMPAGNE

(1870-1871)

Par H. BEAUNIS

Ancien médecin en chef de l'ambulance de la 1re division du 18e corps,
Professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

1 vol. in-12. . . . . 3 fr. 50

Sous ce titre, M. H. Beaunis, ancien médecin en chef des ambulances à Strasbourg et aux armées de la Loire et de l'Est, actuellement professeur à la Faculté de médecine de Nancy, publie ses impressions écrites au jour le jour, sous l'émotion du moment.

L'auteur ne décrit pas ici la guerre stratégique ou légendaire, mais la guerre dans sa réalité, avec son cortège d'héroïsmes et de lâchetés, avec les passions généreuses ou méprisables qu'elle soulève. On trouvera dans ce livre, à côté de récits attachants, écrits avec sincérité, des observations et des enseignements utiles pour l'avenir, au point de vue militaire et au point de vue humanitaire.

EUG. TÉNOT. — **La frontière** (1870-1881), 1 fort vol. grand in-8 avec une carte. **8 fr.**
— **Paris et ses fortifications** (1870-1881), 1 vol. grand in-8 avec cartes et plans, 3e édition . . . . **5 fr.**
POULLET. — **La campagne de l'Est** (1870-1871), 1 vol. in-8 avec 2 cartes et pièces justificatives . . . . **7 fr.**
Général BRIALMONT. — **Les camps retranchés et leur rôle dans la défense des États**, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, avec figures dans le texte et 2 planches hors texte, 3e édition . . . . **6 fr.**
BOUGIER (LOUIS). — **Précis de géographie physique, politique et militaire**, 1 fort vol. in-12. . . . . **7 fr.**
VÉRON (EUGÈNE). — **Histoire de la Prusse depuis la mort de Frédéric II jusqu'à la bataille de Sadowa**, 4e édition, 1 vol. in-12 de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. . . . . **3 fr. 50**
VÉRON (EUGÈNE). — **Histoire de l'Allemagne depuis la bataille de Sadowa jusqu'à nos jours**, 2e édition, 1 vol. in-12 de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. **3 fr. 50**
GAFFAREL (P.). — **Les frontières françaises et leur défense**, 1 vol. in-32 de la *Bibliothèque utile*. . . . . **60 cent.**

IV. — SCIENCES — MÉDECINE

PHYSIOLOGIE SPÉCIALE DE L'EMBRYON

RECHERCHES SUR LES PHÉNOMENES DE LA VIE AVANT LA NAISSANCE

Par W. PREYER

Professeur de physiologie à l'Université d'Iéna.

Traduit de l'allemand par le Dr WIET

Ex-préparateur de physiologie à la Faculté de médecine de Paris.

1 vol. gr. in-8 avec fig. dans le texte et 9 planches coloriées hors texte. . . . . 16 fr.

La vie avant la naissance! Le curieux livre qu'a écrit là M. Preyer et que de travaux et de recherches accumulés dans 600 pages! Le Mouvement du sang, la Respiration, la Nutrition, la Production de chaleur, l'Immobilité, la Sensibilité, la Croissance : autant de titres de chapitres bien faits pour exciter l'attention. M. Preyer, dont le nom fait autorité, a rendu compte dans cet ouvrage d'un nombre immense d'observations et d'expériences personnelles; il a discuté toutes les recherches entreprises sur ce sujet, et il a fixé l'état de la science embryogénique. C'est un des plus beaux travaux de notre temps. Le livre est écrit sans doute pour les spécialistes, mais il est accessible au plus grand nombre; il serait même utile qu'il eût de nombreux lecteurs, car il bat en brèche un grand nombre de préjugés qu'il y aurait tout avantage à voir disparaître. Et que de faits singuliers méconnus, que d'idées neuves à faire pénétrer dans les masses, que d'idées fausses à combattre! Il y aura lieu de revenir sur l'important livre de M. Preyer. Il est si plein, si bourré de renseignements singuliers qu'on ne saurait vraiment en donner une idée exacte par une courte analyse. La vie avant la naissance, ce n'est pas une simple image. L'embryon sent, sa peau est impressionnée; il possède le sens du goût et distingue les odeurs, il entend, il a le sentiment de la faim et de la satiété, il veille, il sommeille. Bien singulier le livre de M. Preyer!

H. DE P. (*Journal des Débats.*)

DU MÊME AUTEUR :

L'âme de l'enfant. Observations sur le développement psychique des premières années, traduit, d'après la deuxième édition allemande, par H. de VARIGNY. 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. . . . . **10 fr.**

Ce livre peut être considéré comme un complément du précédent. Après la vie avant la naissance, la vie immédiatement après la naissance. L'âme de l'enfant, quel sujet à traiter et comme il a été traité! Et les jolis chapitres : le développement des sens, la vue, les premières sensations, le goût, l'odorat, le développement de la volonté, les

mouvements impulsifs, imitatifs, expressifs, etc., le développement de l'intelligence, l'acquisition du langage, etc. Ce livre est la suite du précédent, avons-nous dit. En effet, tout milite en faveur d'une continuité du pouvoir de sentir. L'âme du nouveau-né ne ressemble pas à la table rase, sur laquelle les sens font la première impression, de telle sorte que l'ensemble de la partie psychique de notre vie se constituerait à ses dépens, par suite de transformations multiples : sur la table sont inscrites antérieurement à la naissance déjà, en beaucoup de caractères illisibles, parfois invisibles, les traces des inscriptions faites par les impressions sensitives depuis un nombre incalculable de générations. M. Preyer dit : « Plus on observe l'enfant et plus l'on arrive à déchiffrer aisément les conceptions d'abord illisibles qu'il apporte avec lui au monde. On reconnaît alors qu'il a hérité de ses ancêtres, combien il est de phénomènes qui ne dépendent pas des impressions sensitives, et combien l'on a tort d'admettre que l'homme apprend à sentir, à vouloir, à penser par lui seul, par la seule activité de ses sens. L'hérédité est aussi importante que l'activité personnelle dans la psychogenèse. Aucun homme n'est un simple parvenu qui arriverait à se développer par lui-même; chacun doit, par sa propre expérience, reconstituer et revivifier les dispositions héréditaires acquises par les expériences et les activités de ses ancêtres. » Il est difficile de déchiffrer l'écriture mystérieuse de l'âme de l'enfant; c'est ce que néanmoins M. Preyer a tenté de faire dans son livre. C'est assez dire le grand, l'immense intérêt qu'il présente. L'ouvrage sans doute est un peu lourd, il est allemand. Mais ceux qui auront le courage de suivre l'auteur jusqu'au bout n'auront pas à regretter d'avoir suivi un guide aussi compétent et aussi autorisé.

H. DE P. (*Journal des Débats.*)

DICTIONNAIRE ANNUEL DES PROGRÈS

DES SCIENCES ET INSTITUTIONS MÉDICALES

SUITE ET COMPLÉMENT DE TOUS LES DICTIONNAIRES

Par M. P. GARNIER

22e année, 1886. Un volume in-12 . . . . **7 fr.** »

La première année, 1864, se vend **5** fr. ; les 2e, 3e, 4e, 5e et 6e année, chacune **6** fr. ; la 7e et les suivantes, chacune **7** fr.

TRAITÉ CLINIQUE ET PRATIQUE

DES MALADIES DES ENFANTS

Par F. RILLIET et E. BARTHEZ

Troisième édition entièrement refondue et considérablement augmentée,

Par E. BARTHEZ et A. SANNÉ

TOME II. — *Maladies de l'appareil circulatoire. Maladies de l'appareil digestif. Maladies de l'appareil génito-urinaire. Maladies de l'appareil de l'ouïe. Maladies de la peau.*

1 fort vol. grand in-8. . . . . **14** fr.

Rappelons que cet ouvrage, couronné par l'Académie des sciences et par l'Académie de médecine, était épuisé depuis plus de dix ans. La publication de cette 3e édition, retardée par la mort de M. Rilliet, a été reprise par M. Barthez, avec la collaboration de M. Sanné, auteur de travaux remarqués sur les maladies des enfants.

La rédaction est tout entière de ce dernier : il a utilisé tous les matériaux que lui a confiés M. Barthez et les siens propres; il a su tirer parti de la multiplicité des travaux modernes pour transformer et présenter sous un nouveau jour beaucoup de chapitres qui l'exigeaient, et aussi pour ajouter un certain nombre de chapitres nouveaux.

Le plan des anciennes éditions avait pour base la nature des maladies, et celles-ci étaient réparties en inflammations, gangrènes, hémorrhagies, hydropisies, etc. Dans cette édition, on a adopté la classification par appareils, beaucoup plus commode pour les recherches et moins sujette à discussion.

TOME Ier (paru en 1884). — *Considérations générales. Maladies du système nerveux. Maladies de l'appareil respiratoire.* 1 fort vol. grand in-8. . . . . **16 fr.**

Le tome III, terminant l'ouvrage, paraîtra en janvier 1888.

ÉTUDE CLINIQUE
ET ANATOMO-PATHOLOGIQUE

SUR LA VIEILLESSE

PAR

Émile DEMANGE

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy.

1 vol. in-8 avec 6 planches hors texte. . . . . 4 fr.

CHARLES ROBIN

SA VIE ET SON ŒUVRE

Par Georges POUCHET

Professeur au Muséum d'histoire naturelle, directeur du *Journal d'Anatomie et de Physiologie*.

1 vol. in-8 avec *un beau portrait gravé sur acier par Martinet* et *un index bibliographique des travaux de Ch. Robin*. . . . . 3 fr. 50

BERTHELOT. — **La synthèse chimique**. 6e édition, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, cartonné à l'anglaise... 6 fr.

FUCHS, professeur à l'Université de Heidelberg. — **Les volcans et les tremblements de terre**, avec figures et une carte en couleurs hors texte. 4e édition, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, cartonné à l'anglaise. . . . . 6 fr.

AVIS IMPORTANT

L'**Annuaire de Thérapeutique**, rédigé pendant 46 années par feu M. le professeur Bouchardat, et qui devait sa valeur surtout aux mémoires originaux de l'auteur, ne sera plus publié.

La publication du **Formulaire magistral** du même auteur, sera continuée par ses fils, MM. J. BOUCHARDAT, médecin-major de 1re classe de l'armée, et G. BOUCHARDAT, membre de l'Académie de médecine, professeur à l'École supérieure de pharmacie et professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. Chaque nouvelle édition de ce recueil méthodique de formules qui se trouve entre les mains de tous les praticiens, sera mise au courant des progrès de la science ; comme par le passé, un choix sévère sera fait parmi les innombrables médicaments créés chaque année, pour indiquer seulement ceux dont la valeur est imposée par des résultats indiscutables.

V. — BIBLIOTHÈQUE UTILE

Volumes petit in-18, de 190 pages, brochés : 60 cent.; cartonnés à l'anglaise : 1 fr.

N° 95

LA PHOTOGRAPHIE

SON HISTOIRE — SES PROCÉDÉS — SES APPLICATIONS

Par H. GOSSIN

Proviseur du lycée de Lille.

Avec 30 gravures dans le texte.

N° 96

LES MATIÈRES PREMIÈRES

ET LEUR EMPLOI DANS LES DIVERS USAGES DE LA VIE

Par le Dr F. GENEVOIX

Professeur à l'Association philotechnique.

VI. — PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

ANNALES
DE L'ÉCOLE LIBRE
DES SCIENCES POLITIQUES

RECUEIL TRIMESTRIEL

Publié avec la collaboration des professeurs et des anciens élèves de l'École.

COMITÉ DE RÉDACTION :

MM. **E. Boutmy**, de l'Institut, directeur de l'École; **Léon Say**, de l'Institut, sénateur, ancien ministre des finances; **Alf. de Foville**, **R. Stourm**, **Alex. Ribot**, député; **Gabriel Alix**, **L. Renault**, **André Lebon**, **Albert Sorel**, **Pigeonneau**, **A. Vandal**, directeurs des groupes de travail, professeurs à l'Ecole. **M. Arnauné**, secrétaire de la rédaction.

Fondées en janvier 1886, les *Annales de l'École libre des Sciences politiques* ont déjà publié, dans leur première année, un grand nombre de travaux importants, parmi lesquels nous citerons :

Le gouvernement local et la tutelle de l'État en Angleterre, par E. Boutmy; *Les interventions du Trésor à la Bourse depuis cent ans*, par M. Léon Say; *Bibliographie des finances au* XVIII*e siècle*, par M. R. Stourm; *Les plans politiques de Mirabeau en 1792*, par M. Albert Sorel; *La France en Orient au commencement du* XVIII*e siècle*, par M. A. Vandal; *Les abus qui peuvent résulter du conflit des lois relatives au mariage*, par M. Glasson etc., etc.

La direction ne néglige aucune des questions qui présentent, tant en France qu'à l'étranger, un intérêt pratique et actuel. L'esprit et la méthode en sont strictement scientifiques.

Cette publication présente donc un intérêt considérable pour toutes les personnes qui s'adonnent à l'étude des sciences politiques. La place en est marquée dans toutes les Bibliothèques des Facultés, des Universités et des grands Corps délibérants.

SOMMAIRE DU N° 1 DE LA DEUXIÈME ANNÉE (15 janvier 1887).

L. Aucoc : *De la délimitation du domaine public sur le rivage de la mer et à l'embouchure des fleuves et rivières*. — **A. Lebon** : *La constitution allemande et l'hégémonie prussienne*. — **E. Morlot** : *Les congrégations religieuses*. — **H. Gaidoz** : *Les vallées françaises du Piémont*. — **Fuzier** : *La réorganisation de l'impôt en Italie*.

Correspondance : Chronique roumaine. — Analyses et comptes rendus. — Mouvement des périodiques.

SOMMAIRE DU N° 2 (15 avril 1887).

Poinsard : *Les chambres de commerce*. Étude sur leur rôle financier et sur les récents projets de réforme soumis au Parlement français. — **R. Kœchlin** : *La politique française au Congrès de Rastadt* (1797-1799), suite. — **Eymond** : *La péréquation de l'impôt foncier*. — **Lefèvre-Pontalis** : *La mission du marquis d'Eguilles auprès de Charles-Edouard en Ecosse* (1745-1746). — **H. Bégouen** : *Le Kulturkampf*, etc.

Correspondance : L'organisme départemental au Japon. — Analyses et comptes rendus. — Mouvement des périodiques.

Les *Annales de l'Ecole libre des sciences politiques* paraissent tous les trois mois (les 15 janvier, 15 avril, 15 juillet et 15 octobre), par fascicules grand in-8, de 160 pages chacun.

Abonnements : un an (du 15 janvier), Paris, 16 fr.; départements et étranger, 17 fr.
Une livraison, 5 fr.

Manuel de l'Etudiant magnétiseur, ou *Nouvelle instruction pratique sur le magnétisme, fondée sur trente années d'expériences et d'observations.* 5e édition, 1887, 1 vol. gr. in-18 avec figures . . . . 3 fr. 50

Le Magnétisme opposé à la médecine, *Histoire du magnétisme en France et en Angleterre,* 1840, 1 vol. in-8°. . . . . 6 fr. »

La Magie dévoilée ou principes des sciences occultes, 2e tirage, 1875 *(il ne reste que très peu d'exemplaires de cet ouvrage),* 1 vol. in-4° sur papier fort, relié . . . . 100 fr. »

ŒUVRES DE M. CH. LAFONTAINE

L'Art de magnétiser, ou *le Magnétisme animal considéré sous le point de vue théorique, pratique et thérapeutique.* 5e éd., 1885, 1 vol. in-8° 5 fr. »

Mémoires d'un magnétiseur. 1866, 2 vol. gr. in-18. . . . 7 fr. »

ŒUVRES DE CAHAGNET

Sanctuaire du spiritualisme, ou *Etude de l'âme humaine et de ses rapports avec l'univers, d'après le somnambulisme et l'extase.* 1850, 1 vol. in-18 . . . . 5 fr. »

Lettres odiques-magnétiques *du chevalier Reichenbach,* traduites de l'allemand. 1 vol. in-18, 1853. . . . . 1 fr. 50

Abrégé des merveilles du ciel et de l'enfer, *de Swedenborg,* 1855, 1 vol. gr. in-18. . . . . 3 fr. 50.

Magie magnétique ou *Traité historique et pratique de fascinations, de miroirs kabbalistiques, d'apports, de suspensions, de pactes, de charmes des vents, de convulsions, de possessions, d'envoûtement, de sortilèges, de magie de la parole, de correspondances sympathiques et de nécromancie.* 2e édit. 1858, 1 vol. gr. in-18, br. . . . . 7 fr. »

Encyclopédie magnétique spiritualiste, *traité de faits physiologiques.* Magie magnétique, swedenborgianisme, nécromancie, magie céleste. 1854 à 1860, 5 vol. gr. in-18. . . . . 28 fr. »

ŒUVRES D'ÉLIPHAS LÈVI

Les travaux d'Eliphas Lévi sur la science des anciens mages forment un cours complet divisé en trois parties :

La première partie contient le *Dogme* et le *Rituel de la haute magie ;* la seconde, l'*Histoire de la magie ;* la troisième, la *Clef des grands mystères.*

Chacune de ces parties, étudiée séparément, donne un enseignement complet et semble contenir toute la science. Mais pour avoir de l'une une intelligence pleine et entière, il sera indispensable d'étudier avec soin les deux autres.

Dogme et rituel de la haute magie, 1861, deuxième édition augmentée d'un *Discours préliminaire sur les tendances religieuses, philosophiques et morales des livres de M. Eliphas Lévi sur la magie,* et d'un article sur *la Magie des campagnes* et la *Sorcellerie des bergers.* 2 vol. in-8° avec 24 figures, 2e édition. 1861. . . . . 18 fr. »

Cet ouvrage est divisé en *deux parties.* Dans l'une, l'auteur établit le dogme kabbalistique et magique dans son entier ; l'autre est consacrée au culte, c'est-à-dire à la magie cérémoniale. L'une est ce que les anciens sages appelaient la *clavicule ;* l'autre, ce que les gens de la campagne appellent encore le *grimoire.* Le nombre et le sujet des chapitres qui se correspondent dans les deux parties n'ont rien d'arbitraire, et se trouvent tout indiqués dans la grande clavicule universelle, dont l'auteur donne pour la première fois une explication complète et satisfaisante.

Histoire de la magie, avec une exposition claire et précise de ses procédés, de ses rites et de ses mystères. 1860, 1 vol. in-8° avec 90 figures . . . . 12 fr. »

La Clef des grands mystères, *suivant Hénoch, Abraham, Hermès, Trismégiste et Salomon*. 1861, 1 volume in-8° avec 22 planches. 12 fr.

La Science des esprits, *révélations du dogme secret des kabbalistes esprit occulte des évangiles, appréciation des doctrines et des phénomènes spirites*. 1 vol. in-8°. 1865. . . . . 7 fr. »

CATALOGUE PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

AUBER. **Hygiène des femmes nerveuses**, ou conseils aux femmes sur les époques critiques de leur vie. 1 vol. in-18, 1844. . . 3 fr. 50

AXENFELD et HUCHARD. **Traité des névroses.** 1 fort vol. gr. in-8°, 2° édition 1883. . . . . 20 fr. »

BERTRAND. **Traité du somnambulisme, et des différentes** modifications qu'il présente. 1822, 1 vol. in-8°. . . . . 7 fr. »

BINET (A.). **La Psychologie du raisonnement.** Recherches expérimentales par l'hypnotisme. 1 vol. in-18, 1886 . . . . 2 fr. 50

BINET (A.) et Ch. FÉRÉ (Voy. p. 12).

BOURGUIGNON ET SANDRAS. **Traité pratique des maladies nerveuses.** 2° édit. 1860-1863, 2 vol. in-8°. . . . . 6 fr. »

BRIERRE DE BOISMONT (le D^r^). **Des Hallucinations** ou Histoire raisonnée des apparitions, des visions, des songes, de l'extase, du magnétisme et du somnambulisme. 1 vol. in-8°, 3° éd. 1862. 7 fr. »

CAHAGNET (voy. p. 13).

CHARBONNIER. **Maladies et facultés diverses des mystiques.** 1875, 1 vol. in-8°. . . . . 5 fr. »

CHARPIGNON. **Physiologie, médecine et métaphysique du magnétisme.** 1848, 1 vol. in-8°. . . . . 6 fr. »

— **Études physiques sur le magnétisme animal**, soumises à l'Académie des sciences. 1843, in-8° br. . . . . 1 fr. »

— **Rapports du magnétisme avec la jurisprudence et la médecine légale.** 1860, br. in-8°. . . . . 1 fr. 50

— **Études sur la médecine animique et vitaliste.** 1864, 1 vol. gr in-8° . . . . 4 fr. »

CHRISTIAN (P.). **Histoire de la magie, du monde surnaturel** et de la fatalité à travers les temps et les peuples. 1 vol. gr. in-8° avec un grand nombre de figures et 16 planches hors texte. . . . 15 fr. »

DELEUZE. **Histoire critique du magnétisme animal.** 2° édition, 1819, 2 vol. in-8°. . . . . 9 fr. »

DU POTET (le baron). Voy p. 12 et 13.

FABRE. **Le Magnétisme animal**, satire, 3° édit., 1838, in-4° 0 fr. 75

FRANCK (Ad.) (de l'Institut). **La Philosophie mystique en France** au XVIII° siècle : Saint Martin et don Pasqualis, 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 1866 . . . . 2 fr. 50

GARCIN. **Le Magnétisme expliqué par lui-même**, ou nouvelle théorie des phénomènes de l'état magnétique, comparés aux phénomènes de l'état ordinaire. 1855, 1 vol. in 8°. . . . . 4 fr. »

GAUTHIER (Aubin). **Histoire du somnambulisme connu chez tous les peuples,** sous les noms divers d'extases, songes, oracles, visions. Examen des doctrines de l'antiquité et des temps modernes sur ses causes, ses effets, ses abus, ses avantages et l'utilité de son concours avec la médecine. 2 vol. in-8°, 1842 . . . . 10 fr. »

— **Revue magnétique,** journal des cures et faits magnétiques et somnambuliques. Décembre 1844 à octobre 1846, 2 volumes in-8°. 8 fr »

Les numéros de mai, juin, juillet, août et septembre 1846 n'ont jamais été publiés, et forment dans le tome II°, une lacune des pages 241 à 432.

GENTIL (J.-A.) **Guide du consultant et des incrédules,** 2° édit. 1853. 1 vol. in-18 . . . . 2 fr. »

GINTRAC (E.). **Maladies de l'appareil nerveux** (extrait du *Cours de pathologie interne*). 4 vol. gr. in-8° 1853-59. . . . . 28 fr. »

GOUPY. **Explication des tables parlantes, des médiums, des esprits et du somnambulisme,** par divers systèmes de cosmologie, suivie de *la Voyante de Prévost*. 1860, 1 vol. in-8°. . . . . 6 fr. »

LAFONTAINE (Charles). (voy. p. 13).

LAFONT-GOUZY. **Traité du magnétisme animal,** considéré sous les rapports de l'hygiène, de la médecine légale et de la thérapeutique. 1839, in-8°, br. . . . . 3 fr. »

LÉVÊQUE (Ch.) (de l'Institut). **La Science de l'invisible,** Etude de psychologie et de théodicée. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* 1864. . . . . 2 fr. 50

LÉVI (Éliphas), voyez p. 13 et 14.

MAUDSLEY. **La Pathologie de l'esprit.** 1 vol. in-8°, trad. de l'anglais par le Dr Germont. 1883. . . . . 7 fr. 50

MESMER. **Mémoires et aphorismes,** suivi des procédés de d'Eslon. Nouvelle édit. avec des notes par J.-J.-A. Ricard, 1846, in-18. 2 fr. 50.

MONGRUEL (L.-P.). **Prodiges et merveilles de l'esprit humain sous l'influence magnétique.** 1849. 1 vol. in-18. . . . 3 fr. »

MORIN. **Du magnétisme et des sciences occultes.** 1 vol. in-8°, 1860 . . . . 6 fr. »

PHILIPS (J.-P.), **Cours théorique et pratique de braidisme,** ou hypnotisme nerveux, considéré dans ses rapports avec la psychologie, la physiologie et la pathologie, et dans ses applications à la médecine, à la chirurgie, à la physiologie expérimentale, à la médecine légale et à l'éducation. 1860, 1 vol. in-8°. . . . . 3 fr. 50

POULARD (de Lyon). **Aperçu de la théorie médicale des somnambules.** 1853 in-18. 1 fr. 50

RIBOT (Th.). **Les Maladies de la mémoire.** 1 vol. in-18, 4° éd. 1886 . . . . 2 fr. 50

— **Les Maladies de la volonté.** 1 vol. in-18, 4° éd., 1887. . 2 fr. 50

— **Les Maladies de la personnalité.** 1 vol. in-18, 1885. . 2 fr. 50

DE LA SALZÈDE. **Lettres sur le magnétisme animal,** considéré sous le point de vue psychologique et physiologique. 1849, 1 vol. in-12 . . . . 2 fr. 50

SULLY (James). **Les Illusions des sens et de l'esprit.** 1 vol. in-8°, 1883. . . . . 6 fr. »

TISSANDIER. **Du magnétisme et des sciences occultes.** 1 vol. in-18 sur papier vélin, 1866. . . . . 5 fr. »

Ouvrages sous presse :

HÉRARD, CORNIL et HANOT. — **De la phtisie pulmonaire**, étude anatomo-pathologique et clinique, 1 vol. in-8 avec figures en couleurs dans le texte, et planches hors texte.

RILLIET et BARTHEZ. — **Traité clinique et pratique des maladies des enfants**, 3e édition, refondue et augmentée, par BARTHEZ et SANNÉ, tome III terminant l'ouvrage (tome Ier, 1 vol. in-8, 16 fr.; tome II, 1 vol. in-8, 14 fr.).

DELORME. — **Traité de chirurgie de guerre**, 1 vol. in-8 avec de nombreuses figures.

JAMAIN et TERRIER. — **Manuel de pathologie et de clinique chirurgicales**, 3e édition, tome III, 2e fascicule. 1 vol. in-18.

ONIMUS. — **Traité d'électricité médicale**, 1 vol. in-8 avec figures. 2e édition, revue et augmentée.

Congrès français de chirurgie, 2e session. Paris, octobre 1886. *Procès-verbaux, mémoires et discussions*, publié sous la direction de M. le Dr S. POZZI, secrétaire général, 1 fort vol. in-8 avec figures.
1re Session, avril 1885, 1 vol. in-8 avec figures, 14 fr.

PÉAN. — **Leçons de clinique chirurgicale**, professées à l'hôpital Saint-Louis, t. V, année 1880. (Les tomes I à IV, chacun séparément, 20 fr.)

PETIT (L.-H.). — **Œuvres du chirurgien Méry**, précédées d'une préface de M. le professeur VERNEUIL. 1 vol. in-8 avec planches hors texte.

TERRIER (FÉLIX). — **Éléments de pathologie chirurgicale générale**, fasc. 3, terminant l'ouvrage. (Fasc. 1, 1 vol. in-8, 7 fr.; fasc. 2, 1 vol. in-8, 6 fr.)

ROMANES. — **L'intelligence des animaux**, 2 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, avec fig., cartonnés à l'anglaise. 12 fr.

E. THEVENIN. — **Dictionnaire abrégé des sciences physiques et naturelles**, 1 vol. in-12.

RICHET (CH.). — **Essai de psychologie générale**, 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

DELBŒUF. — **La matière brute et la matière vivante**, 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

VAN ENDE. — **Histoire naturelle de la croyance**, 1 vol. in-8.

SERGI. — **Éléments de psychologie**, traduit de l'italien par M. MOUTON, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, avec de nombreuses figures dans le texte.

VIANNA DE LIMA. — **L'homme selon le transformisme**, 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

SCHOPENHAUER. — **Le monde comme volonté et comme représentation**, traduit par M. A. BURDEAU. 2 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*.

STANILAND WAKE. — **L'évolution de la morale**, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*.

PIDERIT. — **La mimique et la physionomie**, traduit de l'allemand par M. GIROT, agrégé de l'Université. 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, avec 100 gravures dans le texte.

GAROFALO. — **La criminologie**, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*.

TANNERY. — **La science hellène de Thalès à Platon**, 1 vol. in-8.

SORIN (ÉLIE). — **Histoire contemporaine de l'Italie**, 1 vol. in-12 de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. 3 fr. 50

SYBEL (H. DE). — **Histoire de l'Europe pendant la Révolution française**, tome VI et dernier. 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. 7 fr.
(Les 5 premiers volumes se vendent chacun séparément 7 fr.)

FAQUE. — **La Cochinchine française**, 1 vol. in-32 de la *Bibliothèque utile*, broché, 60 cent.; cartonné. 1 fr.

MONIN (Dr E.). — **Les maladies épidémiques**, 1 vol. in-32 de la *Bibliothèque utile*, broché, 60 cent.; cartonné. 1 fr.

MAHAFFY. — **L'antiquité grecque**, 1 vol. in-32 de la *Bibliothèque utile*, avec figures, 60 cent.; cartonné. 1 fr.

E. PETIT. — **Économie rurale et agricole**, 1 vol. in-32 de la *Bibliothèque utile*, broché, 60 cent.; cartonné. 1 fr.

Le propriétaire-gérant, FÉLIX ALCAN.

Coulommiers. — Imp. P. Brodard et Gallois.

Supplément au JOURNAL d'ANATOMIE et de PHYSIOLOGIE de Mars-Avril 1887.

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

RECUEIL D'OPHTHALMOLOGIE

Par les Drs GALEZOWSKI et CUIGNET

PARAISSANT TOUS LES MOIS PAR LIVRAISONS IN-8 DE 4 FEUILLES

3e *série*, 9e *année*, 1887.

Chaque livraison contient :

1° Plusieurs mémoires originaux ; 2° un Compte rendu aussi complet que possible des publications périodiques de la France et de l'étranger en ce qui concerne l'oculistique ; 3° des Analyses et Comptes rendus des nouveaux ouvrages français et étrangers.

Abonnement : Un an, **20** fr., pour la France et l'Étranger. — La livraison : **2** fr.

REVUE DE MÉDECINE

PARAISSANT TOUS LES MOIS

DIRECTEURS : MM.

BOUCHARD
Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'hôpital Lariboisière,
Membre de l'Académie de médecine.

CHARCOT
Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de la Salpêtrière,
Membre de l'Académie des sciences.

CHAUVEAU
Inspecteur général des Ecoles vétérinaires,
Membre de l'Académie des sciences,
Professeur au muséum.

VULPIAN
Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

RÉDACTEURS EN CHEF : MM.

LANDOUZY ET **LÉPINE**

LANDOUZY : Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin de l'hôpital Tenon.

LÉPINE : Professeur de clinique médicale à la Faculté de médecine de Lyon.

REVUE DE CHIRURGIE

PARAISSANT TOUS LES MOIS

DIRECTEURS : MM.

OLLIER
Professeur de clinique chirurgicale
à la Faculté de médecine
de Lyon.

VERNEUIL
Professeur de clinique chirurgicale
à la Faculté de médecine
de Paris.

RÉDACTEURS EN CHEF : MM.

NICAISE ET **F. TERRIER**

NICAISE : Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Chirurgien de l'hôpital Laennec.

F. TERRIER : Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris Chirurgien de l'hôpital Bichat.

La *Revue de médecine* et la *Revue de chirurgie*, qui constituent la 2e série de la *Revue mensuelle de médecine et de chirurgie*, paraissent tous les mois, chacune formant une livraison grand in-8° de 5 à 6 feuilles.

PRIX D'ABONNEMENT :

Pour chaque Revue séparée		Pour les deux Revues réunies.	
Un an, Paris.	**20** fr.	Un an, Paris.	**35** fr.
— Départements et étranger .	**23** fr.	— Départements et étranger .	**40** fr.

La livraison : 2 francs.

Coulommiers — Imp. P. Brodard et Gallois.

CONTRIBUTION

A

L'EMBRYOLOGIE NORMALE & TÉRATOLOGIQUE

DES ASCIDIES SIMPLES

Par L. CHABRY.

(PLANCHES XVIII A XXII.)

Ce mémoire a pour but d'exposer divers faits concernant la tératologie naturelle et expérimentale et accessoirement l'embryologie des Ascidies. L'espèce qui m'a servi de sujet est l'*Ascidia aspersa* O. F. M. que Roule a fait récemment entrer dans un genre nouveau sous le nom d'*Ascidiella*. Les animaux que j'ai étudiés proviennent de la baie de la Forest, près de Concarneau, et c'est avec les ressources qu'offre le Laboratoire de zoologie maritime de cette ville que j'ai poursuivi mes recherches durant deux saisons d'été. Ce mémoire est divisé en quatre parties: la première est consacrée à la description des appareils qui m'ont permis de manier avec précision les œufs vivants d'Ascidie et de reproduire certaines monstruosités que j'avais observées. La seconde partie traite de l'embryologie normale que je divise en trois périodes: de l'œuf à la blastosphère de trente-deux cellules, de la blastosphère à la gastrula, de la gastrula à la larve. La troisième partie est consacrée à la tératologie naturelle et renferme deux chapitres, l'un traitant des processus tératologiques en général et l'autre exposant les formes monstrueuses les plus communes des Ascidies. Enfin la quatrième partie est l'exposé des résultats auxquels je suis parvenu en cherchant à reproduire les monstres par la voie expérimentale.

Avant d'aborder mon sujet je m'acquitte autant qu'il est en moi, d'une dette de reconnaissance en priant M. le professeur Pouchet de recevoir mes meilleurs remerciements pour les facilités de travail qu'il m'a données au laboratoire de Concarneau, pour les nombreux conseils dont il m'a aidé et la bienveillance qu'il m'a témoignée en toute occasion.

volume de l'œuf, mais ce n'est pas là un phénomène provoqué par la décortication et il a lieu aussi bien à la même époque, c'est-à-dire durant les premiers instants qui suivent la ponte, lorsque les cellules spumeuses ont été respectées.

Élevage. — Les œufs fécondés, transportés sur le porte-objet dans une goutte d'eau de mer, y vivent plusieurs heures et se développent d'une manière le plus souvent normale, alors même qu'ils sont recouverts d'une lamelle. En renouvelant l'eau sur le porte-objet, le développement a lieu pendant cinq heures; la durée de conservation est plus courte lorsqu'on examine les œufs dans des tubes capillaires comme je l'indique plus loin. La vie de l'œuf est dans chaque cas d'autant plus prolongée que la masse d'eau dans laquelle il est contenu est plus grande et, pour obtenir des larves, il est nécessaire de faire l'élevage dans des vases d'une certaine capacité. Le mieux est d'élever *à part* chaque œuf qui est le sujet d'une observation ou d'une expérience dans un petit cristallisoir de vingt à trente centimètres cubes; la grosseur de l'œuf permet de le retrouver en général assez vite si l'eau est bien propre et le cristallisoir en verre bien transparent. Lorsque l'élevage d'un sujet doit être poursuivi plusieurs jours, on se trouve bien d'aérer à certaines heures le cristallisoir qui le contient à l'aide d'une soufflerie convenablement bien installée, ou, ce qui revient au même, de changer l'eau. Aucune précaution n'est nécessaire lorsqu'on fait usage d'une grande masse d'eau, par exemple d'un litre, et on est sûr d'obtenir non seulement une larve, mais une jeune Ascidie; malheureusement la recherche de l'œuf ou de la larve est alors très laborieuse. Chaque examen au microscope, d'un œuf qu'on désire élever dans de bonnes conditions, ne doit pas dépasser une dizaine de minutes, ni se renouveler plus de deux à trois fois par jour.

Triage des œufs. — Un certain nombre d'œufs obtenus par la ponte artificielle ne sont pas mûrs, comme on le reconnaît à la présence de la vésicule germinative; d'autres ne contiennent qu'un vitellus mort et granuleux. Ces divers œufs incapables de développement se reconnaissent, sans le secours du microscope, à leur teinte blanchâtre. Leur nombre est variable selon l'époque de l'année et va en augmentant aux approches de l'automne;

déjà au milieu de l'été ils forment parfois plus de la moitié de chaque ponte. A côté de ces œufs impropres à tout développement, on reconnaît par l'emploi d'une faible lentille qu'il en existe d'autres qui ne se segmentent pas d'une manière normale. Ces *segmentations monstrueuses*, très nombreuses dans certaines pontes et d'autrefois fort rares, forment un important objet d'étude; il importe donc d'être en mesure de rechercher et d'isoler rapidement les œufs anormaux. Ce triage doit être fait un à un pour chaque œuf et sous un grossissement d'au moins cinquante diamètres, il est donc difficile de le faire sans un dispositif particulier, voici celui dont je me sers : une cuvette à fond plat, à bords peu relevés, est remplie d'œufs et disposée sur la platine du microscope armé d'un faible objectif. La pipette destinée à recueillir les œufs se rattache à un support fixe par l'intermédiaire d'un long bras muni de deux articulations. L'axe de la première articulation est vertical et fait décrire à l'extrémité effilée de la pipette un cercle dans un plan horizontal et, dans ce mouvement, l'extrémité aspirante vient se placer d'elle-même au milieu du champ du microscope, au-dessus de la cuvette contenant les œufs. L'axe de la seconde articulation est horizontal et permet d'abaisser l'extrémité de la pipette dans le baquet d'œufs. Ayant ainsi conduit au milieu du champ du microscope et sous l'œil de l'observateur l'extrémité aspirante de la pipette, on la laisse immobile dans cette position et on déplace le baquet d'œufs jusqu'à ce qu'on rencontre un œuf monstrueux ou présentant quelque stade qu'on désire étudier. Par le mouvement du baquet, on conduit cet œuf à l'ouverture même de la pipette et il ne reste plus qu'à l'aspirer. Pour être mesurée et s'arrêter dès que l'œuf a pénétré, l'aspiration doit être faite au moyen d'une seringue fixée à la table de travail et reliée à la grosse extrémité de la pipette par un tube de caoutchouc et pour éviter quelques effets contrariants, dus à la capillarité de la pipette, quelques manœuvres sont nécessaires, pour lesquelles la canule de la seringue est munie d'un robinet latéral qui permet de mettre sa cavité en communication avec l'extérieur. Voici l'usage de ce robinet : on aspire d'abord un peu d'eau pure dans la pipette et, sans la sortir du liquide, on ouvre le robinet pour laisser l'équilibre de pression s'établir, puis on conduit la pipette à son poste au milieu du champ du microscope, où on l'installe

sans qu'il se produise aucune aspiration par capillarité. On ferme alors le robinet et on aspire un œuf; dès que celui-ci a légèrement pénétré dans la pipette, on ouvre à nouveau le robinet pour arrêter tout courant qui pourrait entraîner un second œuf à la suite du premier, et, du même coup, on soulève l'extrémité de la pipette hors du baquet d'œufs. La pipette étant ainsi chargée, on la fait pirouetter autour de son axe vertical et on dépose l'œuf, soit dans un cristallisoir, soit sur un porte-objet, en s'aidant du piston de la seringue pour le faire sortir. Avec l'habitude, toutes ces manœuvres sont plus rapides à faire qu'à décrire et le triage des œufs, qui serait sans cela un travail fort long, devient aisé et rapide. N'existât-il, dans une ponte de 500 œufs, qu'une seule segmentation monstrueuse, on est sûr de l'isoler et de l'utiliser. Les mouvements de la pipette sont commandés avec la main gauche au moyen d'un long bras de levier qui a pour effet d'en réduire l'amplitude.

Aspiration immédiate dans le capillaire porte-objet. — Nous verrons un peu plus loin qu'il y a grand avantage à faire toutes les observations de la segmentation des œufs, non sur une lame porte-objet ordinaire, mais dans un tube capillaire de verre, méthode supérieure à toute autre. Lorsque l'œuf trié doit être soumis à un examen immédiat, il y a donc économie de manipulations à l'aspirer de suite dans le capillaire porte-objet. Celui-ci est un tube de verre cylindrique, à mince paroi, dont le diamètre interne égale de celui de l'œuf à observer et qui mesure une longueur de dix centimètres environ. Pour aspirer l'œuf à son intérieur (ce qui est surtout avantageux s'il s'agit d'œufs très petits, difficiles à manipuler, comme ceux des oursins), on introduit le capillaire dans un tube de verre ordinaire, coiffé d'un fragment de tube de caoutchouc qui dépasse un peu. La partie en saillie du tube de caoutchouc forme une bouche circulaire dont les deux lèvres sont écrasées l'une contre l'autre au moyen d'une pince à pression continue. En écartant les mors de cette pince, la bouche s'ouvre et admet le capillaire et, en se refermant, elle forme un joint pneumatique, de telle sorte que l'ensemble du tube, du caoutchouc, de la pince et du capillaire constitue une pipette démontable en deux parties et dont on fait usage comme d'une pipette ordinaire en la reliant avec la seringue d'aspiration.

Pour les gros œufs, comme ceux des Ascidies, l'aspiration avec la bouche est tout aussi commode, mais pour les petits œufs, le tube capillaire est si fin et les courants y sont si rapides qu'on avale ordinairement l'œuf qu'on voulait recueillir, si l'on n'a recours à l'aspiration mesurée de la seringue.

Capillaire porte-objet. — Les œufs d'Ascidie, placés sur une lame ordinaire et recouverts d'une lamelle supportée par des tassaux, peuvent être retournés à la manière habituelle en imprimant à la lamelle des petits mouvements latéraux, mais je vais décrire un procédé incomparablement meilleur. Il repose, comme je viens de le dire sur l'emploi d'un tube capillaire. Le diamètre de ce capillaire porte-objet est tel que l'œuf, la larve ou l'objet quelconque à examiner frotte légèrement à son intérieur et y adhère de telle sorte qu'en faisant tourner le capillaire on fasse également tourner son contenu. L'adhésion est encore suffisante alors même que le capillaire est un peu plus gros que l'objet à examiner, mais cependant si celui-ci a une forte tendance à s'orienter d'une certaine manière (comme les *Cyphonautes*, par exemple, qui se présentent toujours à plat), il faut que le diamètre du tube convienne exactement à l'objet. L'appareil que j'emploie pour l'examen de l'œuf d'*A. aspersa* se compose de trois parties qui sont représentées, *avec quelques autres*, dans la figure 1, page 174. Le porte-capillaire est une lame de verre ordinaire un peu épaisse et un peu large pour avoir par son poids une stabilité suffisante. A la face supérieure de cette lame sont fixés, à l'aide de gomme laque, deux petits fragments de tube formant des douilles *d* et *d'*, situées suivant le grand axe de la lame dans le prolongement l'une de l'autre. Le diamètre interne de ces douilles est tel, qu'elles admettent librement le capillaire T. La portion de celui-ci, comprise entre les deux douilles, renferme l'objet à examiner et est recouverte d'une lamelle mince, sous laquelle on glisse une goutte d'eau distillée. Le capillaire est formé d'un tube de verre étiré au chalumeau et *choisi au préalable dans un tube absolument exempt de bulles d'air et bien nettoyé*. On étire des fragments d'une très grande longueur dont on ne prend que les parties moyennes qui, seules, ont un diamètre sensiblement uniforme. Il faut avoir une nombreuse collection de ces tubes qu'on classe d'après leur diamètre interne, en rejetant tous ceux dont les parois ne

sont pas parfaitement minces et transparentes. Lorsque le capillaire est introduit dans les douilles, son extrémité gauche dépasse le bord gauche de la platine du microscope de plusieurs centimètres, et on le munit en ce point d'un bras perpendiculaire, ou manivelle formée d'une mince aiguille de gomme laque. Cette manivelle sert à mettre le tube en rotation sur son axe; elle tombe, comme je l'ai dit, en dehors du bord gauche du microscope à une distance variable de un à cinq centimètres; elle est actionnée par le tourniquet P*o*.

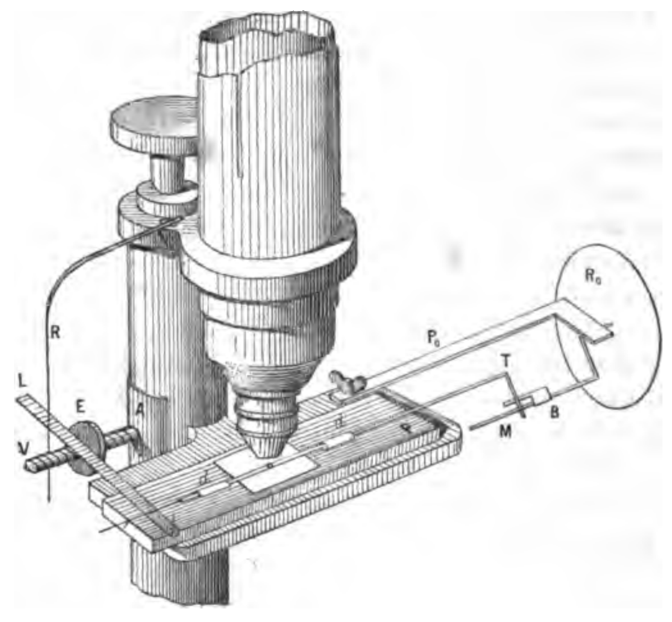


Fig. 1.

Le tourniquet est fixé au corps même du microscope; son bâti est une potence horizontale P*o*, dont la longue branche se fixe à la platine au moyen d'une vis. qui traverse le trou habituellement destiné au valet et d'un écrou serré en dessous. La petite branche de la potence est dirigée parallèlement au bord gauche de la platine à une distance d'environ cinq centimètres, elle est traversée par un axe dont le prolongement passe au milieu du champ du microscope, suivant la direction occupée par le capillaire porte-objet. Cet axe est mis en rotation par une roue, grande comme une pièce de dix centimes, munie d'un

bras allongé M destiné à rencontrer la manivelle du capillaire et à l'entraîner à sa suite. Le bras est à son tour muni d'une petite pièce en bayonnette B, laquelle glisse librement sur toute sa longueur et vient embrasser la manivelle, qui se trouve ainsi saisie des deux côtés. L'observateur se sert de la main gauche pour commander le tourniquet et rectifier s'il en est besoin la position du porte-capillaire; la main droite est réservée comme d'ordinaire pour la mise au point de l'objectif. On fait avec la plus grande facilité tourner l'objet observé, sans cesser de le tenir au point durant le mouvement de rotation. L'objet ne sort jamais du champ si l'appareil est bien construit, et on peut l'examiner même à de forts grossissements. J'insiste sur la commodité de ce petit appareil; toutes les personnes qui en feront usage seront surprises de la facilité qu'il apporte à des observations de tout genre. On peut, à son aide, voir immédiatement n'importe quel point de l'anatomie des petits animaux visible sur le vivant en obtenant une orientation de la bête immédiate, sûre, parfaite. L'examen d'objets fixés et colorés est également facile et on peut monter dans des capillaires des préparations définitives.

Il résulte de la description qui précède, que l'œuf ou l'objet enfermé dans le capillaire tourne-objet se présente à l'observateur suivant toutes les faces qu'on peut mener parallèlement à l'axe de rotation; dans un petit nombre de cas, on peut désirer multiplier encore les aspects et il devient nécessaire de retourner l'objet dans le capillaire lui-même pour obtenir par la combinaison de deux mouvements toutes les orientations possibles. Pour réaliser le mouvement à l'intérieur du capillaire, le dispositif est le même que celui qui sert à percer les blastomère d'un œuf, dispositif que je vais maintenant décrire.

Perforateur. — En étudiant certaines segmentations monstrueuses de l'*A. aspersa*, je conçus l'espoir de reproduire à volonté ces cas tératologiques si je parvenais à tuer certains blastomères de l'œuf en voie de segmentation. Après de nombreux essais faits dans des directions diverses, j'ai résolu complètement ce problème par une légère modification apportée au porte-capillaire.

1. *Aiguillon.* — Il fallait d'abord trouver un dard assez fin pour

pénétrer dans une cellule sans déchirer ni écraser les voisines. Les aiguillons d'insecte, les soies d'annélide, les spicules d'éponge semblaient offrir des armes toutes fabriquées, mais je me convainquis bientôt qu'aucune ne convenait au but, les unes manquant de finesse, les autres de rigidité et toutes étant trop courtes pour pouvoir être commodément maniées. L'aiguillon auquel je me suis arrêté consiste en un fil de verre filé, très mince et terminé par une pointe. La fabrication de cet aiguillon a lieu en plusieurs temps de la manière suivante : on étire d'abord à la lampe une baguette de verre plein en fils très fins, que l'on coupe par fragments d'une dizaine de centimètres de longueur, en ayant soin de rejeter tous ceux qui ne sont pas rectilignes et d'un diamètre uniforme. Lorsqu'on a un grand nombre de ces fins stylets on les classe par ordre de grosseur en s'aidant du microscope et d'un micromètre. Il faut ensuite faire à chacun d'eux une pointe, ce qui est le temps le plus difficile; j'ai découvert qu'on obtient une pointe merveilleusement fine en appliquant légèrement l'extrémité du tube de verre sur une masse de verre chaud (ou sur n'importe quel corps incandescent auquel le verre adhère) et en la retirant brusquement. Avec le hasard d'abord et peu à peu avec l'adresse on obtient toutes les formes de pointe imaginables, depuis les plus aiguës jusqu'aux plus obtuses, depuis les plus rigides jusqu'aux plus souples. La difficulté n'est pas d'obtenir une pointe, mais d'en préparer une qui convienne au but à remplir; il faut aussi n'y pas perdre trop de temps. Si on se contente de chauffer à la lampe d'émailleur un agitateur de verre ordinaire et de lui appliquer les petits stylets qu'on désire apointer on ne peut guère dans une matinée de travail fabriquer plus de quatre à cinq aiguillons. Pour procéder avec plus de méthode il faut remarquer qu'une bonne pointe est celle qui réunit les qualités suivantes : 1° elle est bien centrée, c'est-à-dire, située dans le prolongement de l'axe du stylet; 2° elle est courte et rigide, sans fouet terminal. Pour remplir la première condition il faut étirer le stylet de verre précisément suivant son axe, ce à quoi on parvient aisément à l'aide d'un guide comme celui que je vais décrire. Un bouchon de liége glisse à frottement le long de la tige verticale d'un support immobile. Sur la face supérieure horizontale de ce bouchon sont couchés et fixés à l'aide de gomme

laque, plusieurs capillaires de deux à trois centimètres de long et de diamètre interne varié. Le stylet à étirer est introduit dans l'un de ces capillaires qu'il doit remplir le mieux possible de manière à glisser sans ballotement. Le stylet traverse le tube et ressort de l'autre côté d'une longueur variable à volonté mais qu'on ne laisse pas excéder quatre à cinq millimètres. Le corps incandescent devant lequel vient buter et adhérer le stylet de verre est donc situé à quatre ou cinq millimètres en avant du guide et il est fourni par le couteau de platine d'un thermocautère chirurgical, instrument dont la température se règle à volonté. Le couteau de platine est fixé à un lourd support de manière que les diverses parties de l'appareil sont à l'abri de tout tremblement. Le soufflet du thermocautère est confié à un aide et l'opérateur se charge uniquement de pousser le stylet de verre sur le couteau de platine et de le retirer. Le mouvement du stylet étant mécaniquement guidé, la pointe obtenue est presque toujours bien centrée et remplit ainsi la première condition, mais elle peut être trop longue ou trop courte. Un thermocautère trop froid, un contact avec le thermocautère trop court, un retrait d'un mouvement trop lent sont trois causes qui donnent des pointes courtes ou cassées à leur extrémité. Un cautère trop chaud, un contact trop prolongé, un étirage trop brusque donnent lieu à une pointe terminée par un fouet flexible, qui n'est souvent visible qu'au microscope, mais qui rend l'aiguillon impropre à tout service. Ce n'est que le tour de main qui permet d'avoir de bonnes pointes et il faut s'armer de beaucoup de patience. On réussit le plus facilement en étirant d'abord à l'extrémité du stylet un fil trop long puis reprenant ce fil une seconde fois pour le rompre par un étirage brusque; les deux temps de ce va-et-vient doivent se succéder rapidement. Pour avoir la température convenable il faut que l'aide pousse le couteau au rouge vif et arrête la soufflerie, l'opérateur saisit alors pour opérer l'instant fugitif où la température passe au rouge sombre. La figure 135, pl. V, montre une pointe de verre qui a traversé un œuf d'oursin, la figure 6, page 202, montre une pointe qui pénètre dans un œuf d'Ascidie. Il importe de fabriquer d'avance un grand nombre de pointes et de savoir les conserver. Si les sylets sont forts on les pique verticalement la pointe en l'air dans des assiettées de sable fin et on les recouvre d'une cloche. Si les filets

sont trop fins pour pouvoir être piqués dans le sable on les introduit chacun dans un étui capillaire en verre (le talon le premier pour ne pas heurter la pointe) et lorsque la pointe est cachée dans l'étui on fond ensemble le bout de l'étui et du stylet. Pour retirer le stylet on brise ensuite le culot avec des pinces plates et on saisit du même coup le talon du stylet.

2. *Porte-capillaire à levier.*—Le dard dont je viens de décrire la fabrication doit être introduit dans le capillaire tourne-objet qui contient l'œuf. Pour faciliter cette introduction, qui doit avoir lieu à coup sûr et sans courir risque de briser la pointe, je fais usage de deux dispositifs différents, selon que les œufs sur lesquels j'opère sont relativement gros (œufs d'Ascidie par exemple) ou très petits (œufs d'oursin mesurant un dixième de millimètre). Je décris d'abord le premier dispositif représenté dans son ensemble (fig. 1, page 174) et dans ses détails (fig. 2, page 179). Pour la clarté du dessin les différents objets représentés dans cette figure ont été inégalement grossis. Dans la description je suppose que l'appareil est placé sur la platine du microscope et j'appelle droites, gauches, antérieures, postérieures les parties qui sont telles par rapport à l'observateur situé à son poste de travail.

La machine se compose essentiellement du porte-capillaire P précédemment décrit auquel est fixé un levier L mobile dans son plan. L'axe vertical O autour duquel tourne ce levier est fixé à l'angle droit antérieur de la lame et le levier repose sur celle-ci parallèlement au voisinage du bord droit; son excursion est limitée par un petit guide en forme de fente horizontale occupant le bord postérieur de la lame au voisinage de l'angle de droite.

3. *Gaîne protectrice.* — Le porte-capillaire à levier est en outre muni d'une gaîne G destinée à protéger la pointe de l'aiguillon *hors le temps d'action* et à assurer sa pénétration *sans brisure* dans le tourne-objet. Cette gaîne est située suivant le grand axe du porte-capillaire et traverse la douille D; elle est courte, et s'étend du point milieu entre les deux douilles (sous le couvre-objet) au point milieu entre la douille D' et le levier L. A son extrémité droite elle est fixée par un point de cire à cacheter comme le montre la figure 2. Le choix de cette gaîne est difficile à cause du calibre qui doit être assez faible pour pénétrer exactement

dans le tourne-objet et assez gros pour n'y pas balloter et admettre en outre à son intérieur l'aiguillon ou stylet de verre A

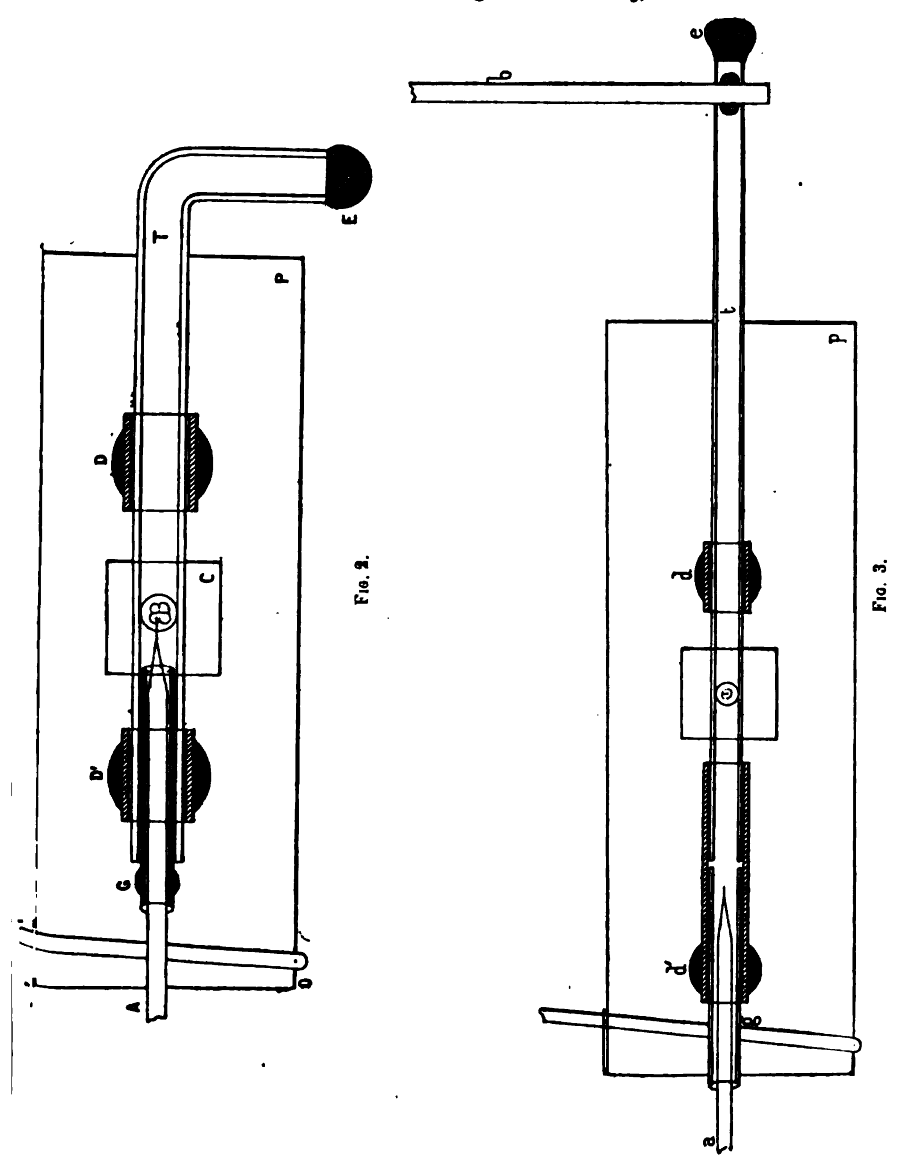


Fig. 2.

Fig. 3.

(fig. 2, ci-dessus). Il convient de conserver en général entre les diamètres de toutes les pièces destinées à glisser les unes dans les autres (il y en a quatre au niveau de la douille D') une diffé-

rence totale de 10 μ. Si on possède une collection de capillaires bien jaugés on choisira d'après cela la gaîne convenable.

4. *Mise en place de l'aiguillon.* — Le levier et la gaîne ne sont pas les seules pièces fixées à demeure sur le porte-capillaire, il faut y joindre l'aiguillon. Celui-ci est introduit à reculons dans la gaîne pour n'en pas briser la pointe. Lorsqu'il a traversé la gaîne et fait déjà saillie du côté du levier, on le retire peu à peu jusqu'à ce que sa pointe se cache dans la gaîne à peu près sous le milieu du couvre-objet. A cet instant, le manche de l'aiguillon passe au-dessus du levier qu'il croise perpendiculairement et sur lequel on le fixe à l'aide d'un peu de glu marine ou d'une autre substance élastique. Il faut employer la moindre quantité possible de matière agglutinante, pour ne pas charger inutilement le levier et pour laisser à l'articulation une certaine souplesse. L'aiguillon étant fixé convenablement, la pointe ne doit faire saillie que lorsqu'on pousse le levier. Le perforateur est à présent confectionné, nous allons voir comment on en fait usage.

5. *Mise en place du tourne-objet.* — Il faut, avant toute chose, retirer le levier en arrière pour abriter la pointe du dard dans sa gaîne. On aspire l'œuf dans le capillaire tourne-objet et on l'amène vers le milieu de la longueur en déterminant des courants d'eau de sens convenable. Il ne faut souffrir aucune bulle d'air dans le tourne-objet, ce qui est facile en maintenant ses extrémités sous l'eau durant les manipulations. Dès que l'œuf est à son poste, on bouche avec de la cire à cacheter E l'extrémité du capillaire tourne-objet opposée à celle par laquelle le dard doit être introduit; cette opération est indispensable pour empêcher l'œuf de reculer lorsque la pointe de l'aiguillon viendra l'atteindre. Le bouchage doit se faire avec de la laque bien chaude et sur un verre bien sec et, pendant cette manœuvre, l'autre extrémité du tube doit plonger dans l'eau, autrement il ne manque pas de s'y fourrer une bulle d'air. On introduit le tourne-objet par son extrémité non bouchée dans la douille D jusqu'à ce que, l'ayant traversée, il arrive au contact de la gaîne qu'il coiffe et laisse pénétrer à son intérieur. Le tourne-objet s'engage ensuite dans la seconde douille D', tandis que l'œuf entraîné s'approche de plus en plus de l'extrémité de la gaîne. On surveille attentivement la marche de l'œuf et, dès qu'il est assez

rapproché de la pointe de l'aiguillon (toujours caché dans sa gaîne) pour ne plus pouvoir en éviter l'atteinte dans le mouvement du levier, on porte toute la machine sur le platine du microscope et on met l'œuf au point avec un objectif de 300 diamètres pour suivre exactement tous les mouvements du dard. A ce moment, si on ne fait pas usage d'un tourne-objet coudé, on lui ajoute un bras perpendidulaire destiné à le faire tourner.

6. *Butoir et ressort.* — L'œuf est maintenant au milieu du champ du microscope et, en poussant légèrement le levier, on ne tarde pas à voir surgir la pointe menaçante du dard. Si l'œuf se présente bien, s'il est à un stade convenable de son développement, il ne reste plus qu'à percer; mais si le stade n'est pas assez avancé (et il vaut mieux qu'il en soit ainsi), on attend quelques instants pendant lesquels le développement de l'œuf se continue dans le capillaire. Enfin, si la cellule qui se présente au devant du dard n'est pas celle qu'on désire percer, on fait tourner le capillaire de manière à amener une autre cellule en face de la pointe immobile. Si cette manœuvre ne suffit pas, on peut avec beaucoup de ménagement se servir du dard lui-même pour retourner l'œuf en le poussant de côté et d'autre sans le blesser; enfin, si les deux moyens échouent, le mieux est d'aspirer un autre œuf qui se présentera d'une manière plus favorable. Je suppose que la cellule qui doit subir le traumatisme soit vis-à-vis du dard, il ne reste plus qu'à pousser celui-ci par l'intermédiaire du levier pour que sa pointe pénètre, mais la nécessité de ne pas léser d'autres cellules exige de nouvelles précautions et un surcroît d'appareils que je vais décrire.

7. *Butoir.*—En poussant lentement le dard contre l'œuf, celui-ci, qui est résistant et élastique, recule au lieu de se laisser perforer ou tourne sur lui-même de manière à livrer passage à la pointe à côté de lui. Pour assurer la pénétration, il faut donc que le mouvement du dard soit brusque; d'autre part, un mouvement brusque ne peut être imprimé sans courir le risque de traverser l'œuf de part en part et de le désorganiser entièrement. Pour manœuvrer le dard avec sécurité, je fais usage de deux pièces additionnelles destinées, l'une, à limiter la course du levier, l'autre, à donner au mouvement la brusquerie nécessaire. Le *butoir* que montre la figure 1, page 174, est une tige filetée V, sur laquelle tourne un écrou E qui reçoit le choc du levier. Cette

tige fait corps avec le microscope au moyen d'un anneau à pression qui en embrasse le montant ou par tout autre moyen ; mise en place, elle se dirige horizontalement et transversalement de gauche à droite et passe au-dessous de l'extrémité libre du levier L, lequel vient buter contre l'écrou. Un mouvement brusque est communiqué au levier par le moyen d'un ressort R, simple fil d'archal écroui fixé au microscope au niveau de la potence (fig. 1, page 9). Le levier, à l'aide de ces deux pièces, se manœuvre de la manière suivante : on tourne d'abord l'écrou en l'amenant assez vers la droite pour que, le levier étant en contact avec lui, la pointe du dard n'atteigne pas encore l'œuf. On place l'extrémité du ressort (qui est mobile à son point de fixation sur la potence), en contact avec le levier et on détourne lentement l'écrou vers la gauche. La pointe du dard s'avance par suite peu à peu au-devant de l'œuf jusqu'à venir en contact avec lui, mouvement que l'on suit avec soin dans le champ du microscope. Dès que cette position est atteinte, on écarte un peu le ressort de la main droite, on détourne encore un peu l'écrou, et on laisse retomber le ressort sur le levier. Celui-ci, brusquement chassé sur l'écrou qui a reculé, fait une excursion de quelques fractions de millimètre ; l'excursion du dard, plus réduite encore, est rigoureusement mesurée par celle du levier et, en définitive, par le recul de l'écrou depuis sa position initiale à l'instant où le dard touchait l'œuf sans y pénétrer. La tige filetée joue donc le rôle de vis micrométrique et donne au mouvement du levier la précision nécessaire. Avec un peu d'habitude, on peut perforer un blastomère à telle profondeur qu'on le désire, au tiers, au quart, à la moitié de son épaisseur et cela sans perdre de vue un seul instant ni la cellule ni l'aiguillon qui la pénètre.

Autre perceuse pour des œufs plus petits. — On peut imaginer et construire un grand nombre d'instruments analogues à celui que je viens de décrire. Le principe sur lequel tous ces appareils reposent est toujours *l'immobilisation de l'œuf dans un tube* et *l'emploi d'un aiguillon glissant dans une gaîne.* Tout ce que j'ai tenté en dehors de cette voie a échoué. La difficulté commune au maniement de tous ces appareils est d'introduire, sans la briser, la pointe de l'aiguillon dans le tube qui contient

l'œuf et cette difficulté est naturellement d'autant plus grande que le tube est plus petit. Pour piquer des œufs d'oursin, j'ai fait usage de capillaires porte-objets qui ne mesuraient qu'un dixième de millimètre; l'aiguillon qu'il faut introduire dans ce tube est un fil d'une extrême finesse et il se termine par une pointe invisible à l'œil nu. Il est aisé de comprendre que toute tentative faite pour introduire au hasard l'aiguillon dans le capillaire n'aboutit qu'à briser la pointe, il faut donc que l'appareil soit tellement disposé que la pointe pénètre automatiquement à l'intérieur du tube dans lequel elle doit agir. C'est là le but que remplit la gaîne dans l'appareil précédent. Lorsqu'on peut adopter une pareille disposition elle est la meilleure, mais il est impossible de construire une gaîne qui pénètre dans un tourne-objet d'un dixième de millimètre et admette à son intérieur un fil de verre; il faut donc recourir à d'autres dispositifs. Celui qui m'a réussi est représenté figure 3, page 179. Les mêmes parties sont représentées par les mêmes lettres que dans le premier appareil.

La gaîne *g* (fig. 3, page 179) ne pénètre pas à l'intérieur du tourne-objet, elle est de même diamètre que lui et, au moment de l'introduction de l'aiguillon, se présente bout à bout contre lui. La douille *d*, qui est longue, reçoit à la fois la gaîne et le tourne-objet et détermine leur parfait affrontement. L'aiguillon *a*, beaucoup plus mince que précédemment, est si fragile qu'il ne peut recevoir l'impulsion immédiate du levier, celui-ci commande seulement la gaîne et le frottement qui existe entre cette gaîne et l'aiguillon suffit pour entraîner celui-ci. Les choses étant dans l'état que la figure 3 représente, on saisit avec la main l'extrémité de l'aiguillon qui dépasse la gaîne en arrière, c'est-à-dire la région *a* et on la pousse légèrement pour faire pénétrer la pointe dans le tourne-objet. Ce passage est l'instant critique, car les tubes emboîtés n'ayant pas un ajustage rigoureux, il arrive que, malgré les précautions prises, la pointe de l'aiguillon s'engage dans une fausse voie et vient se briser à l'entrée du tourne-objet. On surveille donc avec un grossissement de 300 diamètres environ le passage de l'aiguillon pour ne le pousser que si toutes les pièces sont bien en place. La pointe s'étant engagée dans le tourne-objet, on la conduit jusqu'au voisinage de l'œuf sans atteindre celui-ci. On ramène le

levier *en arrière*, ce qui éloigne la pointe de l'œuf mais en même temps dégage la gaîne de son contact avec le tourne-objet. On pousse encore une fois l'aiguillon avec la main pour le ramener au voisinage de l'œuf et, enfin, on l'y fait pénétrer en se servant du levier, du ressort et du butoir comme précédemment.

Avec cet appareil, j'ai pu piquer des œufs de *Strongylocentrotus lividus* presque avec autant de facilité que je le fais pour les œufs d'Ascidie et je ne doute pas qu'avec quelque patience et de nouvelles modifications, que le besoin suggérera, on ne puisse atteindre des parties encore plus petites, tant est facile et commode la manipulation des petits objets *à l'aide de tubes capillaires.*

NOTATION. — Il n'existe aucun système régulier de notation des cellules de segmentation et chaque auteur suit sa propre inspiration. Toutes les notations ne sont cependant pas également bonnes et on se convaincra aisément que l'habitude généralement suivie de conserver à l'une des cellules-filles la notation de la cellule-mère qui lui a donné naissance, apporte beaucoup d'obscurité et parfois de confusion dans la description. Une bonne notation doit accorder un signe propre à chaque cellule et je vais montrer qu'on peut choisir ce signe, de telle sorte qu'il rappelle la généalogie tout entière de la cellule et, en outre, la place morphologique qu'elle occupe dans l'œuf.

La division étant chez l'Ascidie une bipartition ou dichotomie régulière, je désigne une cellule initiale quelconque par une lettre telle que X et les deux filles de l'initiale par la même lettre affectée des indices 1 ou 2, c'est-à-dire par X^1 et X^2. Lorsque X^1 se subdivise à son tour, j'applique la même règle et ses deux filles sont X^{11} et X^{12}, tandis que les filles de X^2 sont X^{21} et X^{22}. De même, les filles de X^{12} sont X^{121} et X^{122}, etc. L'avantage de cette notation est manifeste; prenons sur l'une quelconque de mes figures (soit dans le texte, soit dans les planches) une cellule quelconque, telle que P^{121}, on sait sans recourir à aucune description, que la série de ses ancêtres est P^{12}, P^1 et P et rien n'est aussi aisé que de les trouver dans les figures qui représentent les stades précédents. Cette notation n'a d'autre inconvénient que la multiplicité des indices qui deviennent plus nombreux à mesure que l'œuf est plus segmenté. On y obvie

aisément par l'emploi de nouvelles lettres qu'on substitue à un moment donné à celles qui sont affectées d'un trop grand nombre d'indices. Dans mes figures, je n'ai, du reste, pas eu à recourir à cet artifice, car j'ai conservé pour les premiers stades jusqu'à VIII la notation suivie par Van Beneden et Julin pour la *Clavellina Rissoana.* Je désigne les deux premiers blastomères qui sont les initiales des moitiés droite et gauche du corps de la larve par les lettres D et G, puis chacun de ces blastomères se subdivise en cellules antérieure et postérieure qui sont notées DA et DP pour le côté droit et GA et GP pour le côté gauche, enfin, au stade suivant chacune de ces deux cellules, se divise en deux autres dont l'une est rapprochée du pôle oral de l'œuf (côté dorsal de la larve) et l'autre du pôle oboral (côté ventral de la larve). E. Van Beneden et Julin distinguent ces deux cellules par l'addition des lettres *d* et *v* et obtiennent ainsi les notations contenues dans la troisième colonne du tableau, page 22. J'ai préféré introduire à ce moment de nouvelles lettres que j'emploie de la manière suivante. Les cellules du flanc gauche sont notées en caractères italiques, et celles du flanc droit par les lettres romaines correspondantes. Les cellules de l'hémisphère oboral (qui devient l'ectoderme sont indiquées par des minuscules, celle de l'hémisphère oral par des majuscules. Par suite, les cellules situées en avant du plan frontal sont marquées A, a, *A*, *a* et les quatre situées en arrière sont marquées P, p, *P*, *p*. La descendance de toutes ces cellules est donnée dans mes dessins d'une manière complète jusqu'au stade XXXII, je ne l'ai suivie au delà que pour quelques éléments.

Une convention spéciale à l'ordre des indices permet, en outre, à la notation précédente d'indiquer la place morphologique qu'occupe la cellule. Reportons-nous à la figure 4 (page 202) qui représente un œuf au stade XXXII (c'est-à-dire composé de trente-deux cellules); on suppose que la segmentation a suivi la marche géométrique régulière décrite par les auteurs pour l'amphioxus, la grenouille et d'autres types. Les indices accordés à chaque lettre ont été mis de telle sorte que lorsqu'une cellule se divise horizontalement, la plus rapprochée du pôle reçoit l'indice le plus fort. Ainsi, A^1 a donné A^{11} et A^{12}, P^1 a donné P^{11} et P^{12}. La même règle étant appliquée à toutes les cellules, il

en résulte que le second indice est le même dans toutes les cellules d'une même rangée horizontale. Lorsqu'au contraire, une cellule se divise verticalement, la plus rapprochée du sillon frontal reçoit l'indice le plus fort, ainsi A s'est divisé en A^1 et A^2, la même règle étant suivie pour toutes les cellules, toutes celles du même fuseau ont pour premier indice le même chiffre. Lorsqu'une cellule se divise obliquement, je montrerai qu'on peut souvent homologuer cette division à une segmentation horizontale ou verticale, mais dans le cas d'incertitude, on peut toujours conventionnellement donner l'indice le plus fort à la cellule de droite, par exemple, et de toutes manières, on obtient des tableaux réguliers.

Cette notation par indices est surtout commode dans le cours d'une observation lorsque la rapidité des phénomènes observés ne permet pas d'accompagner ses dessins de notes suffisamment explicites. Dans ce cas on attribue aux premières cellules que l'on observe des lettres quelconques x, y, z, et on note leur descendance x^1, x^2 etc. (en suivant si on le veut dans l'affectation de l'indice une règle constante qui donnera plus de symétrie, mais cela n'est pas nécessaire) dans la suite si on parvient à homologuer ses dessins avec d'autres antérieurement obtenus il est toujours aisé de rétablir la véritable notation.

Le tableau qu'on trouve plus loin représente la généalogie des cellules de l'Ascidiella aspersa et leur notation suivant les règles que je viens d'établir rapprochée de la notation des cellules de la *Clavellina Rissoana* d'après E. Van Beneden et Julin. La moitié droite du tableau correspond au flanc droit de l'*A. aspersa* et la moitié gauche au flanc gauche de la Clavelline. Pour avoir la notation du flanc gauche de l'*A. aspersa* il suffit, comme je l'ai dit, de changer les lettres romaines dans les italiques correspondantes en conservant les indices. La figure 5 (page 202) est un schéma de la segmentation de la Clavelline établi d'après la description des mêmes auteurs et indiquant par un trait pointillé la limite entre l'endoderme et l'ectoderme.

3	*a*	AG*v*	AG	B*l*G	Œuf.	D	DA	a	a^1	a^{11}
2										a^{12}
4	*b*								a^2	a^{21}
9										a^{22}
1	*c*	AG*d*						A	A^1	A^{11}
XIV										A^{12}
XV	*d*								A^2	A^{21}
10										A^{22}
6	*e*	PG*v*	PG				DP	p	p^1	p^{11}
5										p^{12}
11	*f*								p^2	p^{21}
12										p^{22}
7	*g*	PG*d*						P	P^1	P^{11}
VIII										P^{12}
XVI	*h*								P^2	P^{21}
XIII										P^{22}

Dans les descriptions j'appelle *facette* la surface de contact de deux cellules et je désigne chaque facette par l'indication des cellules limitantes, ainsi la facette $A^2 P^2$ (fig. 17, pl. I) est celle qui sépare les deux cellules A^2 et P^2. Les stades de la segmentation sont toujours désignés par un chiffre romain qui indique le nombre de cellules dont ils sont composés, ainsi — stade XXIV — désigne un œuf divisé en vingt-quatre blastomères.

II

EMBRYOLOGIE NORMALE.

L'œuf et ses membranes. — Je ne m'arrêterai pas longuement à la description de l'œuf de l'*Ascidia aspersa* et de ses membranes. Le nombre des enveloppes et leur disposition correspondant à la description donnée par Kowalevsky pour la *Phallusia mamillata* et par Kupffer pour l'*Ascidia canina*. On trouve successivement de dehors en dedans : 1° une membrane hyaline mince ou *paroi du follicule* (Follikelvand de Kupffer; membrane vitelline de Roule; couche de cellules plates de H. Fol) ; 2° une couche de *cellules du follicule* (Follikelzellen et Follikelepithel de Kupffer; cellules folliculaires et spumeuses de divers auteurs); 3° une seconde membrane hyaline ou *chorion* (Eihaut ou Chorion de Kupffer) ; 4° une *couche gélatineuse,* molle, assez épaisse, susceptible de se gonfler promptement par endosmose (Kupffer signale cette couche sur l'*A. canina* comme un fin intervalle entre les cellules du chorion et les cellules du testa. Krohn et Kowalevsky l'appellent Gallertschicht sur l'*A. mamillata;* c'est à tort que Krohn considère comme homologue de cette couche une enveloppe qui apparaît sur l'Ascidie à la fin du développement larvaire et qui n'est autre que le manteau (?); l'homologue de la couche dont je parle est sur l'*A. canina* dans le fin intervalle signalé par Kupffer) ; 5° une autre membrane hyaline que Kowalevsky a figuré le premier sur la *Phallusia mamillala* et à laquelle Fol a donné plus tard le nom de *membrane vitelline.* Ce nom expose à des confusions et j'emploierai celui de *membrane du testa;* elle est extrêmement difficile à mettre en évidence sur l'*A. aspersa*; 6° la couche des cellules jaunes ou *cellules du testa*

(Testazellen de Kupffer ; cellules granuleuses de Roule ; Tunicazellen de Metschnikoff ; couche verte de Ganin) ; 7° une quantité de liquide très variable selon l'époque du développement, liquide dans lequel flotte le vitellus et plus tard la larve et que j'appelle en conséquence *liquide périlarvaire* ou *périvitellin*.

Ce système compliqué d'enveloppes ne se retrouve pas chez toutes les Ascidies. Chez les Molgulidés en particulier leur nombre est plus réduit et leur homologie n'est pas encore hors de toute contestation. De Lacaze-Duthiers a reconnu sur l'*Anurella Roscovita* qu'il n'existe que deux membranes, l'une externe formée de cellules, l'autre interne anhyste, mais il n'en fait nulle comparaison avec les enveloppes des autres Ascidiens. Pour Kupffer la membrane externe cellulaire des Molgulidés de la Baltique serait homologue aux cellules du follicule mais ses éléments ne se rempliraient jamais de vésicules spumeuses. Dans la *Molgula nana* d'après Semper le protoplasme des mêmes cellules se creuserait de vacuoles, ce qui paraît confirmer l'homologation due à Kupffer. D'après cela la paroi du follicule, les cellules du testa et la membrane du testa feraient défaut aux Molgulidés.

La signification morphologique, l'origine et le rôle de toutes ces parties sont du reste très controversées. En ce qui concerne le dernier point on reconnaît aisément en dissociant l'œuf d'*A. aspersa* avec des aiguilles ou par la simple agitation dans l'eau, que les deux enveloppes extérieures se détachent avec la plus grande facilité. Lorsqu'elles sont isolées elles flottent, tandis que le reste de l'œuf tombe au fond de l'eau ; on sait du reste que l'œuf d'Ascidie entier est, avant toute décortication, plus léger que l'eau, et il en résulte que les cellules du follicule forment le flotteur capable de faire surnager l'œuf. Elles doivent évidemment leur légèreté spécifique à la matière spumeuse développée à leur intérieur, car avant le développement de cette matière l'œuf ne flotte pas. Les cellules du follicule jouent donc chez l'*A. aspersa* un rôle manifeste dans la dissémination de l'espèce. Des œufs flottant se rencontrent du reste sur beaucoup d'autres animaux, cœlentérés, hétéropodes, échimodermes, etc. La déhiscence du flotteur de l'œuf arrive normalement au second jour de l'évolution, mais à ce moment la larve est déjà formée, elle rompt les autres enveloppes et commence la vie errante. Dès

l'instant de la ponte, l'œuf et plus tard la larve ont donc une existence purement pélagique; la larve ne gagne le fond que lorsque sa queue s'atrophie, elle tombe alors par son propre poids. Il est aisé, en effet, de voir que ces larves, de même qu'un grand nombre d'animaux marins nageurs, sont plus lourdes que l'eau et ne se maintiennent au-dessus du fond que par un effort constant de natation ou à la faveur de l'agitation et du remous naturel des eaux. Dans les élevages artificiels, en eau nécessairement calme, la larve gît constamment au fond des vases à l'exception de courtes périodes de natation que l'animal ne paraît pas capable de prolonger au delà de quelques minutes. Le pélagisme de la larve comme celui de l'œuf est donc plutôt passif qu'actif. Le rôle des autres membranes de l'œuf m'est inconnu mais j'ai reconnu par des expériences qu'aucune des enveloppes ne jouait un rôle *indispensable* dans le développement; la membrane et les cellules du follicule sont à ce point de vue les parties les plus inutiles et mes expériences ont toujours été faites après leur ablation préalable. Je me suis en outre assuré qu'on peut également enlever la membrane vitelline ou chorion ainsi que le testa et mettre l'œuf entièrement à nu au contact de l'eau de mer sans entraver notablement le développement. Bien plus, j'ai reconnu que des cellules vivantes, isolées, arrachées par dissociation à un œuf en voie de segmentation sont capables de supporter le contact immédiat de l'eau de mer, de vivre et de se multiplier pendant plusieurs heures. On sait qu'il n'en est pas ainsi de tous les animaux et que la présence du liquide périlarvaire est indispensable à la vie de plusieurs espèces d'embryons; ainsi, l'œuf segmenté de la *Lymnée des étangs* est tué rapidement par le contact immédiat de l'eau douce. La résistance spéciale que présente l'œuf d'Ascidie à l'action du milieu ambiant est d'autant plus singulière que ce même œuf et toutes les cellules qui en dérivent présentent, comme nous le verrons, la plus grande sensibilité à l'égard des traumatismes.

Le *chorion* ou membrane vitelline, à l'instant où les cellules spumeuses viennent d'en être détachées artificiellement, montre à sa surface les impressions cupuliformes laissées par la base de ces cellules, mais il est bientôt distendu par endosmose et devient complètement lisse ce qui démontre qu'il est à la fois souple et élastique. Cette membrane mince et d'épaisseur uniforme est

remarquable par la rapidité des phénomènes d'osmose dont elle est le siège. Lorsqu'un œuf, privé de son flotteur, est en culture sur le porte-objet et qu'on ajoute une goutte d'eau pour remplacer celle qui s'est évaporée, on observe, à chaque addition, un plissement soudain du chorion dû à l'exosmose de l'eau de la couche gélatineuse; puis ce plissement momentané fait bientôt place à un état turgide, sans que l'évolution du vitellus s'intéresse en rien à toutes ces variations. Le chorion est élastique et comprime plus ou moins les parties qu'il renferme, lorsqu'on le perfore au moyen de l'aiguillon de verre, l'œuf se vide parfois spontanément par l'ouverture.

La *couche gélatineuse* est peu épaisse au moment de la ponte, mais dans les instants qui suivent elle devient double ou triple par endosmose. J'ai déjà dit que cette endosmose, phénomène évolutif absolument constant, a lieu avec la même facilité, lorsque la paroi du follicule et les cellules spumeuses sont présentes ou lorsqu'elles ont été enlevées. L'épaisseur de la couche gélatineuse est normalement uniforme mais si on comprime l'œuf entre deux plans, par exemple en le faisant rouler entre la lame et la lamelle, la couche gélatineuse s'amincit aux points qui ne sont pas soumis à la compression; je n'ai pas pu trouver l'explication de cette curieuse déformation mécanique. A raison de la promptitude des phénomènes d'osmose dont elle est le siège on peut admettre que la couche gélatineuse a pour effet de préserver l'œuf contre les brusques variations de la composition chimique et notamment de la salure de l'eau dans laquelle il flotte.

La *membrane du testa* a rarement été signalée par les auteurs, bien que, comme je l'ai dit, elle ait été figurée il y a longtemps par Kowalevsky sur la *Phallusia mamillata*. Sur l'*A. aspersa* elle est extrêmement difficile à voir à cause de sa minceur et de sa transparence. C'est en piquant l'œuf avec l'aiguillon de verre que j'ai reconnu son existence; si l'aiguillon enfoncé avec ménagement n'a perforé que le chorion et la couche gélatineuse et qu'on le retire avant qu'il n'atteigne la membrane du testa, on voit celle-ci faire hernie dans la plaie et bientôt au dehors de l'œuf sous forme d'un sac à paroi mince, à la face interne duquel les cellules du testa sont immédiatement appliquées (fig. 124, pl. XXII). L'épaisseur de cette membrane est absolument inappré-

ciable mais elle est cependant assez résistante pour empêcher dans l'expérience précédente l'écoulement du liquide périlarvaire; vient-on à la piquer? celui-ci s'écoule et le sac herniaire s'affaisse aussitôt. Il m'est arrivé également de soulever cette membrane en la repoussant par sa face interne à l'aide de l'aiguillon de verre lorsque celui-ci a perforé l'œuf de part en part.

Les cellules du testa ont été l'objet, entre les naturalistes, de nombreuses contestations. Leur origine et leur nature anatomique sont également controversées; pour les uns ce sont des cellules et même des globules polaires. Pour d'autres ce sont de simples masses de protoplasme renfermant une gouttelette huileuse mais sans noyau. Pour Kowalevsky elles proviennent des cellules du follicule, pour Kupffer du vitellus, pour Roule de la vésicule germinative. Sur l'œuf d'*A. aspersa* à maturité je les ai trouvées dans l'état suivant : leur nombre est variable selon les œufs, tantôt elles forment autour du vitellus un revêtement presque continu qui le cache complètement, ne laissant entre elles que des intervalles moins larges qu'elles-mêmes; tantôt elles sont peu nombreuses et réunies par groupes qui laissent le vitellus directement visible sur de larges champs. Elles sont situées comme j'ai dit exactement à la face interne de la membrane du testa et par suite de la couche gélatineuse, avec lesquelles elles font corps durant toute l'évolution. Au point de vue de la structure, chaque cellule du testa est formée d'une petite masse de protoplasma animé de mouvements amœboïdes et de lents déplacements. Elle renferme deux substances d'aspect différent : 1° un petit corps clair et *difficilement visible* sur certains œufs, qui m'a paru être un noyau; 2° une matière jaune fortement réfringente, colorée et réunie d'abord en une seule gouttelette ou lentille concavo-convexe. Cette lentille ou calotte de substance jaune, vue de profil, a la forme d'un croissant qu'il est aisé de voir en examinant les cellules du testa qui, dans la coupe optique de l'œuf, occupent la périphérie. Ce croissant a sa concavité tournée en dedans. Au contraire sur un œuf vu superficiellement, les cellules du testa étant vues de face, la lentille jaune apparaît sous forme d'une tache arrondie. Il n'est pas rare que cette substance réfringente forme dans une seule cellule deux ou trois masses de forme variable et souvent même

se réduise en gouttelettes. Ce dernier état s'il survient dans le cours de l'évolution et succède à la forme lenticulaire est l'indice de la mort de la cellule. C'est un signe cadavérique qui ne fait jamais défaut, les gouttelettes jaunes viennent faire irrégulièrement saillie à la surface du protoplasme de la cellule et lui donnent un aspect déchiqueté caractéristique. Ce petit phénomène a son importance technique car il précède d'assez loin la mort de l'œuf à l'observation duquel il est inutile de s'attarder désormais. Rappelons que sur l'*A. canina* les cellules du testa bien plus nombreuses que dans notre espèce forment d'après Kupffer un revêtement épithéliforme tandis que d'après le même auteur elles manquent sur la *Molgula macrosyphonica* et qu'elles font également défaut à l'*Anurella Roscovita* comme l'a montré de Lacaze Duthiers.

En dessous de toutes ces enveloppes est le vitellus qui dans notre espèce est transparent ou du moins translucide. Sa mollesse et son élasticité sont remarquables; lorsqu'on veut le perforer avec l'aiguillon de verre poussé lentement à son encontre, il prend avant de se laisser pénétrer les formes les plus inattendues, comme celle que montre la fig. 6 (page 202). Si à l'instant qui est représenté dans cette figure on ramène l'aiguillon en arrière, le vitellus reprend aussitôt sa forme arrondie.

Fécondation. — Je n'ai pas été plus heureux que Kowalevsky et d'autres observateurs dans l'étude de la fécondation. J'ai pu voir les spermatozoïdes fixés sur le chorion, mais non assister à leur pénétration; la réfringence de la couche gélatineuse me paraît être l'obstacle qui s'oppose à la vue de la migration de ces éléments. L'opacité des œufs empêchant de voir (au moins sans préparations) les phénomènes qui se passent au sein du vitellus entre la fécondation et la première segmentation, j'ai laissé cette étude en dehors du cadre de mes recherches. Entre la ponte et la première segmentation, il s'écoule environ deux heures avec une variation en plus ou moins de vingt minutes; la constance de cette durée me porte à la regarder comme étant le temps nécessaire à la conjugaison des pronucleus, la fécondation ayant lieu à l'instant même de la ponte. Sur l'*Ascidia mamillata*, la première segmentation débute d'après Kowalevsky, une heure seulement après la fécondation, différence attribuable

au changement d'espèce ou de température. Dans la ponte naturelle, la segmentation ne commence jamais dans l'atrium, et il en est de même *a fortiori* dans la ponte artificielle, les œufs paraissent dans les deux cas sortir immédiatement de l'oviducte, souvent même ils sont encore réunis en forme de chapelet, lorsque leur maturité est incomplète. La fécondation peut s'effectuer, soit avec le sperme du même individu, soit avec celui d'un autre parent; je n'ai pas observé de différences dans les résultats obtenus dans ces deux cas, et pour économiser les animaux, j'ai fait le plus grand nombre des pontes avec une seule Ascidie. J'appelle durée d'un stade tout l'intervalle qui s'écoule entre la première indication d'un sillon sur un des blastomères et l'apparition d'un autre sillon ; c'est-à-dire que je prends arbitrairement pour début de chaque stade, la formation du sillon à la superficie du corps cellulaire, parce que c'est là un phénomène facile à voir sur le vivant et bien distinct.

STADE II. — Van Beneden et Julin ont décrit les premiers stades de la segmentation de la *Clavellina Rissoana* et cette description s'éloigne très peu, surtout dans les premiers stades, de ce que j'ai vu sur l'*Ascidia aspersa*. Malgré la ressemblance des deux phénomènes, le point de vue auquel je me suis placé étant différent de celui des auteurs belges, ma description ne forme aucun double emploi avec la leur. Je laisse, en effet, de côté tout ce qui a trait à la karyokinèse qu'ils ont excellemment figurée, et je m'attache uniquement à décrire les œufs d'*après le vivant*, et principalement au point de vue homologique. Je fais connaître, en outre, la durée des divers stades.

J'ai vu quelquefois, avant la formation du premier sillon, les deux premiers noyaux de segmentation; ils ne sont pas placés au centre de l'œuf, mais rapprochés tous deux de l'un des points de la surface et le sillon de segmentation débute à la superficie au point le plus rapproché d'eux. La situation excentrique des deux premiers noyaux n'est pas un fait propre aux Ascidies, elle a été signalée sur beaucoup d'autres espèces, et dans tous les cas le pôle de l'œuf qui contient les noyaux est le pôle animal; il n'est pas certain, comme nous allons le voir, que la situation de ces noyaux soit, chez l'*A. aspersa* aussi constante. Si on admet, en effet, que durant les premiers stades, le vitellus segmenté

ne subisse aucune rotation sur lui-même, l'observation montrerait que le premier sillon apparaît, tantôt sur une face de l'œuf qui sera plus tard le pôle endodermique, tantôt sur une face qui sera plus tard antérieure ou même postérieure. La seule règle constante est que le sillon apparaît toujours au voisinage le plus immédiat des noyaux, et par suite, la variation apparente de sa situation accuse une même variation dans la situation des premiers noyaux, rapportée aux axes du futur embryon. C'est un fait très apparent, que dans tous les œufs d'une même ponte, le premier sillon débute toujours au même point, c'est-à-dire, sur tous les œufs, soit au côté de l'endoderme, soit à la face antérieure, etc. C'est là l'indice d'une structure anatomique commune à tous les œufs issus d'un même parent, et par conséquent un fait d'hérédité, soit que l'on admette la variation réelle du point d'origine du sillon, soit qu'on attribue cette variation à une illusion causée par une rotation du vitellus dont le sens serait le même pour tous les œufs d'une même ponte, et différerait d'une ponte à l'autre. Peut-être y a-t-il quelque corrélation entre la variation du point d'origine du premier sillon (hypothèse vers laquelle je penche) et l'absence de globules polaires visibles, car on sait que dans les espèces où existent des globules polaires manifestes, la segmentation commence toujours à leur voisinage, d'où le nom qui leur a été donné de globules directeurs.

La division du vitellus dure environ deux minutes et à l'instant précis où elle se termine, les deux globes vitellins ont la forme d'ovoïdes simplement juxtaposés, tangents par une très petite facette. Ces ovoïdes ont souvent une extrémité plus grosse, dirigée du côté où est apparu le sillon de segmentation qui est toujours dans ce cas le côté antérieur. Les blastomères qui sont ainsi inégaux à leurs deux extrémités au moment de leur formation, se divisent plus tard en cellules inégales, conformément à une règle qui sera exposée plus loin. Ces deux premiers globes vitellins demeurent à peine quelques instants à l'état tangent; sitôt individualisés ils se rapprochent à nouveau (voy. fig. 8, pl. XVIII) et s'aplatissent l'un contre l'autre en modifiant peu à peu leur contour, comme le montre les deux états représentés en superposition dans la figure 8. Avec Robin qui l'a découvert, je désigne cet important phénomène sous le nom de *réaccolement*.

Le réaccolement des blastomères est un fait qui se retrouve dans le plus grand nombre des segmentations chez tous les animaux. Dans le cas que nous décrivons il a lieu assez lentement et dure environ treize minutes; lorsqu'il est complètement achevé l'œuf a repris pour ainsi dire l'état sphérique, il est seulement marqué d'un léger sillon superficiel. Dans la grande majorité des cas le premier sillon de segmentation (et il en est de même du suivant) est dirigée suivant la verticale du lieu d'observation; par suite l'œuf se présente naturellement à l'observateur par l'un de ses pôles. Il ne faut pas voir là une influence de la pesanteur qui déterminerait l'orientation du premier plan de segmentation; le rôle de la pesanteur se borne à orienter le vitellus (comme pour l'œuf de poule) d'après les positions respectives du centre de gravité et du centre de déplacement, qui sont amenés sur une même verticale. L'orientation ordinaire de l'œuf montre donc que son centre de gravité et son centre de déplacement (centre du liquide qu'il déplace) sont situés tous deux sur l'axe morphologique. En outre comme l'œuf se présente à l'observateur tantôt par l'un tantôt par l'autre de ses pôles on voit que ces deux centres sont voisins l'un de l'autre et que d'un œuf à l'autre leur situation peut être intervertie. Le premier plan de segmentation *devient le plan médian de la larve* et constitue durant toute la segmentation un plan de symétrie manifeste. Ce fait a été vu ou soupçonné par beaucoup d'observateurs, il a une importance morphologique sur laquelle je reviendrai plus loin. La durée totale du stade II est de vingt minutes environ, il se termine par la formation de deux nouvelles segmentations.

STADE IV. — Ce stade, comme le précédent, dure environ vingt minutes et commence par un temps de segmentation proprement dite qui dure deux minutes. Le nouveau plan de scission est perpendiculaire au précédent et la suite du développement montre qu'il divise l'œuf en parties correspondant à peu près aux extrémités antérieures et postérieures de la larve; j'appelle pour cette raison les deux facettes dont il est formé, facettes frontales. A l'inverse de la précédente, la division cellulaire frontale procède ordinairement du pôle ectodermique au pôle endodermique (nous verrons plus loin comment se distinguent ces deux pôles que j'appelle aussi face aborale et face orale). A

l'instant où la division vient de s'achever, les quatre cellules se touchent exactement au centre de l'œuf, mais environ une minute plus tard, le mouvement de pétrissage dont elles sont le siège les amène à une forme plus sphérique et on voit apparaître entre elles un orifice ou canal qui traverse l'œuf verticalement d'un pôle à l'autre. Ce *canal de segmentation* est signalé par quelques auteurs et notamment par E. Van Beneden et Julin dans leur monographie récente de la *Clavellina Rissoana*, comme la première apparition de la cavité de segmentation et persisterait, dans cette espèce, sous forme de canal jusqu'au stade XVI pour se fermer ensuite à ses deux extrémités. Les choses se passent autrement dans l'*A. aspersa;* le canal de segmentation apparu durant le stade IV n'a qu'une existence temporaire et disparaît après cinq à douze minutes, c'est-à-dire avant la fin du stade. Cette disparition aussi constante que la formation du canal a lieu par le réaccolement des quatre cellules qui forment sa paroi. La véritable cavité de segmentation n'apparaît qu'au stade VIII; le canal qui la précède n'en a pas moins la même signification ce qui est attesté d'abord par les faits où ce canal se transforme directement en cavité et ce qui résulte en outre de la considération supérieure que la cavité de segmentation n'a pas d'autre valeur que celle d'un espace intercellulaire quelconque, dont la présence ou l'absence, constatée dans des espèces très voisines, n'altère en rien les rapports réciproques les plus essentiels des éléments. La Clavelline étudiée par Seeliger n'offrait pas de cavité de segmentation.

Les petits globules. — A l'intérieur du canal de segmentation on remarque de petits corps protoplasmiques arrondis qu'on retrouve au stade suivant au milieu de la cavité de segmentation. Je n'ai pas assisté d'une manière complète à la formation de ces globules, que je crois dus à des bourgeonnements que j'ai souvent constatés sur les blastomères près du centre de l'œuf, (fig. 48, pl. XIX), je n'en ai pas compté plus de trois et c'est je pense leur nombre normal, mais ils sont parfois très difficiles à trouver bien qu'ils paraissent constants. Ces globules sont animés de mouvements amœboïdes et se déplacent lentement; leur couleur, aussi bien que leur situation les rendent aisés à distinguer des cellules du testa dont ils se rapprochent par leur dimension et un certain aspect général. Souvent l'un de ces globes

émigre au pôle ectodermique de l'œuf et se retrouve dans le plan médian entre les deux blastomères postérieurs, situation qu'il conserve dans les stades suivants. La situation de ce globule au voisinage du pôle est donc celle d'un globe polaire, et on pourrait croire que les petits globules que je décris ont, par suite, la signification de globules directeurs. Il y a, à cette manière de voir, une double objection. En premier lieu, H. Fol affirme que les Ascidiens (dont les globules polaires étaient ignorés) ont des globules polaires au nombre de deux, se formant par le processus ordinaire de karyokinèse avant la fécondation, or les globules dont je parle se formant au stade IV n'ont rien à voir avec ceux de H. Fol, et si ceux du zoologiste suisse sont les globules polaires, les miens ne les peuvent être. En second lieu, Fœttinger a décrit et figuré sur le *Phoronis hippocrepia*, des corps d'origine inconnue, rencontrés dans des œufs au stade VIII et absolument semblables à mes petits globules. Il rejette expressément pour ces corps, l'appellation de globules polaires, par la raison qu'il les a trouvé coïncidant avec l'existence de ceux-ci; il leur attribue l'origine du mésoderme, ce qui, eu égard à leur situation et à leur époque d'apparition avant toute invagination gastruléenne les homologue au mésoderme des Échinodermes. On sait que le mésoderme des Échinodermes a une double origine, une partie dérivant de la face interne des cellules de la blastophère, et l'autre formée beaucoup plus tard et désignée habituellement sous le nom de vésicule vaso-péritonéale. C'est au premier de ces mésodermes que les frères Hertwig ont donné le nom de mésenchyme, il est possible que les petits globules représentent chez l'*A. aspersa* un mésenchyme rudimentaire, mais en tous cas ce mésenchyme ne devient l'origine d'aucun tissu et le véritable mésoderme apparaît plus tard aux dépens des cellules invaginées de la gastrula. La distinction établie par les deux Hertwig entre le mésenchyme et le mésoderme paraît avoir une grande importance morphologique; E. Van Beneden et Julin me semblent avec raison distinguer à leur tour deux mésenchymes, l'un *primitif* ou *vrai* (Hydroméduses, Actiniaires), l'autre *secondaire* ou *faux* (Tuniciers). Admettant ces distinctions, je rapporte les petits globules de l'*A. aspersa* à un vrai mésenchyme, homologue à celui des Échinodermes et ne subissant pas de développement ultérieur.

Le mésoderme définitif du tunicier est au contraire comme le disent justement E. Van Beneden et Julin un faux mésenchyme. Quant à la question de savoir si le mésenchyme des mollusques doit être rapportée au vrai ou au faux mésenchyme, je n'ai pas à la discuter ici, je rappellerai seulement, pour fixer les idées, que les auteurs précités paraissent disposés à en faire un faux mésenchyme tandis que Lankester et Balfour ne voient dans les ébauches mésodermiques des mollusques, qu'une abréviation du processus entérocœlique des Chétognathes, Brachiopodes, etc. En suivant cette interprétation, le mésoderme des Mollusques serait un faux mésenchyme au même titre que celui des Ascidies et ainsi s'expliqueraient certaines ressemblances incontestables que présentent ces deux groupes d'animaux. Je n'insiste pas sur ces questions dont l'importance est, il est vrai, fort grande, mais qui ne peuvent être traitées avec fruit à raison du défaut de documents. Pendant que disparaît sur l'*A. aspersa* le canal de segmentation, les cellules qui le limitent peuvent se réaccoler en convergeant toutes régulièrement vers l'axe de l'œuf, mais, le plus souvent, on voit en examinant l'œuf par la face aborale, deux cellules situées en diagonale venir se souder au niveau de l'axe par une petite facette. Le même œuf, examiné sur la face opposée, montre un rapport semblable entre les cellules qui occupent l'autre diagonale. Déjà au stade IV, l'œuf n'est donc plus rigoureusement symétrique, et l'assymétrie résulte de ce que les deux facettes frontales, droite et gauche, ne se trouvent pas exactement dans le prolongement l'une de l'autre, c'est-à-dire, dans un même plan. Les choses se passent en réalité comme si on avait imprimé à l'une des facettes frontales, un mouvement de rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan médian. Cette première assymétrie, une fois acquise, persiste dans les stades suivants et s'additionnant à d'autres irrégularités, éloigne de plus en plus l'œuf de la segmentation géométrique régulière (dont je prends le type soit chez l'Amphioxus, soit chez certains Bryozoaires). Une légère assymétrie est donc la règle, bien qu'elle ne soit nullement nécessaire : nous verrons qu'en s'exagérant, elle peut devenir l'origine de véritables monstruosités. J'ai toujours vu la déviation des facettes se produire dans le même sens, la cellule droite antérieure se mettant en contact au pôle aboral avec la cellule gauche postérieure d'où

résulte à ce pôle de l'œuf la présence d'une petite facette diagonale qui se conserve dans les stades suivants et que montre la figure 23, pl. XVIII. La direction de cette facette est un caractère qui permet de distinguer au stade IV, l'axe antéro-postérieur de l'œuf de son axe transversal, mais la distinction des extrémités antérieures et postérieures n'est possible à ce stade que par l'observation du globule migrateur (ou, avec moins de sûreté, par la plus grande largeur des cellules antérieures lorsqu'il y a entre les quatre cellules quelque inégalité de grosseur).

STADE VIII. — Ce stade prend naissance par la bipartition de chacune des cellules précédentes laquelle s'effectue en deux minutes et demie environ; le stade entier comme le précédent dure vingt minutes. La segmentation en huit blastomères comme celle d'un grand nombre d'autres espèces a lieu par un plan dit *équatorial*, c'est-à-dire par quatre facettes perpendiculaires aux quatre déjà existantes. Elle divise l'œuf en deux hémisphères que j'appelle oral et aboral. L'hémisphère oral est celui au pôle duquel est finalement situé le blastopore ou bouche de la gastrula, il est placé en haut dans toutes mes figures vues de profil, conformément à une convention admise par plusieurs zoologistes. J'appelle blastomères oraux tous ceux qui dans la suite proviennent des quatre cellules orales de ce stade et blastomères aboraux ceux qui proviennent des cellules aborales. Je crois cette distinction nécessaire pour établir des homologies précises et il faut bien remarquer que les termes oral et aboral (1) ne sont pas équivalents à hypoblastre et épiblastre. Sur la *Clavellina Rissoana* en effet une partie seulement des blastomères oraux se transformerait, d'après la description de E. Van Beneden et Julin en hypoblaste. La figure 5, page 202, montre que les blastomères endoblastiques sont ceux qui sont les plus rapprochés du pôle oral. Sur la *Clavellina* étudiée par Seeliger, les quatre

(1) La segmentation de l'*Ascidiella aspersa* se rapproche beaucoup de celle de la *Clavellina Rissoana* décrite par E. Van Beneden et Julin. Ces auteurs appellent dans la blastophère face dorsale et ventrale les faces que j'appelle respectivement orale et aborale. J'ai rejeté cette dénomination parce que les mots dos et ventre conviennent pour la larve et que les pôles de l'œuf et de la gastrula ne correspondent que d'une manière approximative au dos et au ventre de la larve. Les faces droite et gauche de ma description correspondent à celles de même nom des auteurs belges. Seeliger emploie les appellations dorsal et ventral dans le même sens que E. Van Beneden et Julin.

blastomères oraux du stade VIII, deviendraient l'endoderme et les quatre aboraux l'ectoderme, il y a là, avec ce qu'ont vu E. Van Beneden et Julin, une discordance qu'il serait de la plus haute importance de vérifier, car elle ne tend à rien moins qu'à démontrer qu'un même matériel peut indifféremment et sur des espèces voisines se transformer, soit en ectoderme, soit en mésoderme. Malheureusement, l'*A. aspersa* n'est nullement favorable à ce genre de recherches, car il n'y a pas sur cette espèce de différence d'aspect entre les initiales endodermiques et les ectodermiques.

Les facettes équatoriales se dirigent de la superficie vers la profondeur de l'œuf et apparaissent d'abord du côté antérieur. Au moment de la première incisure, on peut croire, si on examine par le profil, que les facettes équatoriales antérieures et postérieures vont venir se rejoindre au centre de l'œuf, dans le prolongement l'une de l'autre; mais il n'en est pas ainsi, les facettes équatoriales antérieures se dirigent un peu vers le pôle aboral (fig. 2 et 9, pl. XVIII), tandis que les facettes équatoriales postérieures se rapprochent plus du pôle oral, d'où il résulte que ces différentes facettes ne tombent pas au même niveau sur le plan frontal. Celui-ci, pendant la formation des sillons équatoriaux, subit une déformation en forme de Z, en vertu de laquelle il se porte pour ainsi dire au-devant de chacune des facettes équatoriales, prenant la forme anguleuse que montre la figure 9, pl. XVIII. Le stade VIII diffère donc en deux points du stade correspondant de la segmentation régulière : il y a différence de temps, puisque la segmentation des quatre cellules n'est pas simultanée et différence de forme, puisque les cellules produites ne sont pas régulièrement superposées. Ces différences s'accentuent au stade suivant, et elles ont pour l'orientation de l'œuf par rapport à l'embryon qui en doit provenir une telle importance qu'il est nécessaire de leur consacrer une description détaillée.

Avant ce stade, en effet, la distinction des diverses faces de l'œuf est extrêmement délicate et les caractères que j'ai donnés ne permettent d'être affirmatifs que dans un petit nombre de cas. Au stade VIII, *observé surtout à son début* l'orientation de l'embryon est toujours facile en s'appuyant sur les caractères suivants. Les blastomères oraux antérieurs A, vus de

profil et superficiellement (fig. 9, pl. XVIII), sont plus gros que les postérieurs P. Au contraire, sur le même profil, les blastomères

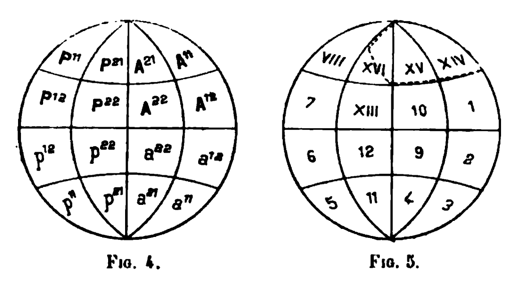


Fig. 4. Fig. 5.

aboraux postérieurs p sont plus gros que les antérieurs a. La vue superficielle diffère notablement de la vue de profil en coupe optique. La facette diagonale A p est beaucoup moins considérable au centre de l'œuf (fig. 2, pl. XVIII) qu'à sa superficie (fig. 9, pl. XVIII); dans son ensemble, cette facette figure donc un triangle dont le sommet est tronqué. Les cellules a et P ne sont en contact sur aucun point. La forme du contour général de l'œuf vu de profil a une grande constance et fournit les meilleurs caractères pour distinguer sans hésitation les divers axes de l'embryon. Si par la pensée on mène dans la vue de profil des droites tangentes extérieurement aux quatre éléments et formant autour de l'œuf un quadrilatère circonscrit, comme le montre la figure 7 ci-dessous, ce quadrilatère est un trapèze

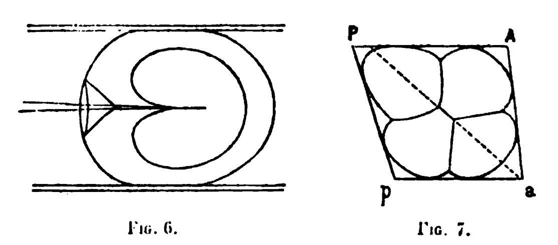


Fig. 6. Fig. 7.

dont les deux bases parallèles correspondent, la plus longue au pôle oral, et la plus courte au pôle aboral de l'œuf. Le côté du trapèze le moins incliné sur les bases est la face antérieure, il est légèrement oblique en bas et en avant; le côté du trapèze le plus incliné sur les bases est la face postérieure, il est fortement oblique en bas et en avant. L'angle le plus aigu du trapèze correspond donc à l'extrémité postérieure ou à la queue, du futur embryon. A tous ces caractères il faut joindre le suivant, la facette

diagonale A p prolongée ne coïncide pas avec la grande diagonale du trapèze, mais vient tomber sur les bases comme le montre la figure 7 ci-dessus. Enfin, il est encore une marque propre aux cellules P et *P* qui permet de les distinguer de toutes les autres, elle consiste en une petite saillie en forme de mamelon, saillie qui est dirigée horizontalement en arrière et que montrent les figures 2 et 23 de la planche XVIII. Cette saillie n'est visible qu'au début du stade VIII et surtout durant la segmentation qui produit P et *P*; elle correspond exactement par sa situation, forme et grosseur à la cellule P^1 du stade XVI, et pour cette raison je l'appelle la corne P^1; il en existe une de chaque côté. Cette saillie a appelé mon attention sur un fait plus général qui a son importance, c'est que les blastomères ont à l'instant où ils viennent de se produire et mieux encore *durant leur individualisation* des formes spécifiques qu'ils perdent peu d'instants après. Ces formes spécifiques paraissent être en rapport avec les segmentations dont ces blastomères seront plus tard le siège. Ainsi, la corne transitoire P^1 annonce vingt minutes à l'avance la cellule P^1 et si la saillie P^1 fait défaut cette anomalie annonce que la cellule P^1 fera défaut, c'est-à-dire, que la segmentation de P n'aura pas lieu. De même, encore, la cellule A est au moment de son individualisation élargie transversalement, ce qui est en rapport avec la direction de sa division ultérieure qui est sagittale; la cellule a est au contraire allongée longitudinalement, ce qui correspond à sa division transversale; la segmentation a donc lieu dans tous les cas, perpendiculairement au plus grand axe que possédait le blastomère durant son individualisation. Si on tient compte de tous ces faits, on voit combien il est aisé d'orienter l'œuf au début du stade VIII, mais peu après les formes spécifiques des blastomères s'effacent et il faut recourir aux caractères tirés du trapèze circonscrit qui seuls persistent durant tout le stade.

Jusqu'à présent, nous n'avons considéré l'œuf que vu de profil, examinons-le sur les autres faces. Sur les faces antérieure ou postérieure, les cellules sont séparées par quatre facettes qui se coupent à angle droit et se réunissent au même point. Sur la face orale, les quatre facettes ne se réunissent pas au centre, mais le blastomère antérieur droit est en contact avec le postérieur gauche par une petite facette diagonale (fig. 16, pl. XVIII).

Il résulte de toutes ces déviations de facettes que certaines cellules qui, dans la segmentation typique, n'ont pas de rapport entre elles, si ce n'est par un angle ou un sommet, entrent en connexion chez l'Ascidie par une véritable facette, tandis qu'in-

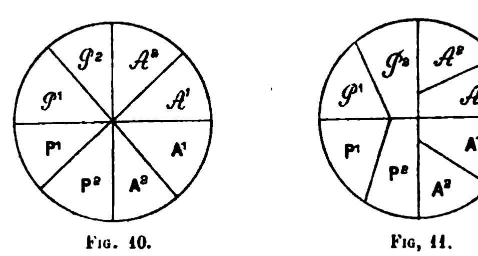


FIG. 10. FIG. 11.

versement d'autres cellules perdent les connexions qu'elles devraient avoir. L'existence de toutes les facettes que représentent mes schémas est absolument normale, mais toutes n'ont cependant pas la même valeur, il en est (telles que la facette A p, fig. 7, page 202) qu'on retrouve dans plusieurs genres, tandis que d'autres peuvent n'appartenir qu'à certains individus d'une espèce.

L'homologation de cellules que je viens d'établir, ne repose pas sur d'autres règles que l'homologation générale des organes d'animaux adultes, mais elle a cette supériorité que le phénomène est ici très simple et se réduit plus facilement, comme

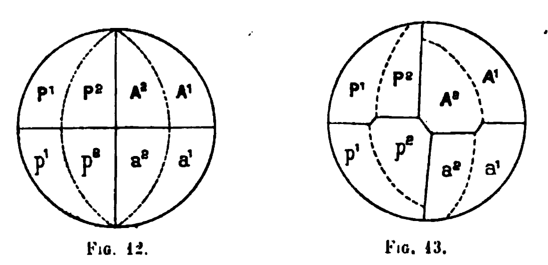


FIG. 12. FIG. 13.

nous le verrons plus loin, à des lois ou à des faits très généraux. Dans le cas particulier, la formation des quatre facettes atypiques A^1 P^2, P^2 $\mathcal{P}^2$ (voyez fig. 11 ci-dessus), a^2 a^2, p^1, a^2 (voyez fig. 9) et de leurs antimères, s'exprime dans une seule formule en disant que *les facettes de segmentation méridienne* (telles que A^1 A^2) *ont tourné sur elles-mêmes en demeurant parallèles à l'axe vertical de l'œuf.* Nous verrons que cette tendance des facettes à tourner sur elles-mêmes en demeurant parallèles

à certains axes, se retrouve également dans les faits tératologiques.

Quelques auteurs attribuent à l'existence d'une cavité de segmentation une grande importance morphologique, sans discuter pour le présent cette opinion sur laquelle je reviendrai ailleurs, je veux appeler l'attention sur ce fait que la forme de cette cavité est soumise à des variations incessantes. Dès le stade VIII, et dans tous les suivants, on voit le contour de cette cavité se modifier avec rapidité; tantôt elle s'élargit, tantôt elle se contracte et son grand diamètre coïncide successivement avec divers diamètres de l'œuf. Elle se rapproche, en outre, plus ou moins de la surface par un amincissement localisé de ses parois et parfois au contraire disparaît tout à fait par leur épaississement pour reparaître l'instant d'après. Ces variations singulières sont la conséquence des mouvements d'expansion et de contraction dont sont animées les cellules limitantes, elles ne peuvent, du reste, avoir lieu sans des variations correspondantes dans le volume du liquide contenu dans la cavité de segmentation et il faut admettre, soit que ce liquide communique librement avec l'extérieur par des canaux intercellulaires non visibles, soit qu'il est imbibé par les cellules avec la plus grande facilité. Toutes ces remarques concernant la cavité de segmentation s'appliquent également aux espaces intercellulaires quelconques. Dans la règle, la cavité de Baër est entièrement close, mais il n'est cependant pas rare de la trouver en communication avec l'extérieur par un large canal passant sur la ligne médiane entre deux cellules. Dans tous les cas, la cavité renferme deux des petits globules signalés plus haut, situés maintenant au voisinage des cellules A^1 et A^1, c'est-à-dire en haut et en avant. Le troisième petit globule a émigré et se trouve au pôle aboral dans la situation ordinaire d'un globule polaire.

Stade XXIV. — L'œuf d'Ascidie ne passe pas immédiatement du stade XVI au stade XXXII comme cela a lieu dans la segmentation typique et comme il arrive d'après E. Van Beneden et Julin pour la *Clavellina Rissoana*. Dans notre espèce il se produit un stade intermédiaire résultant de ce que la division de l'hémisphère oral devance celle de l'hémisphère aboral. Ce stade commence environ une heure et demie après le début de la seg-

mentation et l'orientation des facettes nouvellement formées paraît au premier abord ne suivre aucune règle définie. Si cependant on rapproche cette segmentation du type régulier on trouve aisément la loi de sa formation. Dans la segmentation typique il se produit deux cercles tropicaux parallèles à l'équateur et situés l'un dans l'hémisphère oral, l'autre dans l'hémisphère aboral. Chez l'Ascidie le cercle tropical oral est seul représenté et, à la vérité, par un système de lignes fort peu parallèles à l'équateur. Le schéma (fig. 17, page 209) montre la direction de ces lignes comparée à la direction typique. J'ai affaibli à dessein l'étendue des facettes anormales pour rendre l'homologation plus facile, il suffit pour connaître leur véritable grandeur de jeter un coup d'œil sur la figure 11 de la planche XVIII.

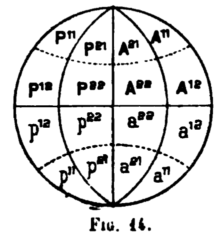


Fig. 14.

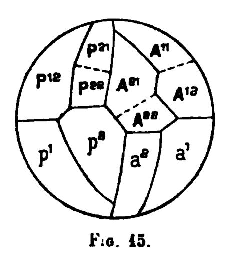


Fig. 15.

On voit que la déviation des facettes amène finalement en contact chez l'Ascidie des cellules telles que A^{21} et p^2 qui dans la segmentation typique sont fort éloignées l'une de l'autre. Une difficulté surgit pour homologuer les cellules P^{11} et P^{12} qui sont séparées entre elles par un plan non pas parallèle à l'équateur, mais à peu près sagittal. Faut-il renoncer à les comparer à la segmentation typique ou la déviation est-elle simplement plus considérable? C'est à cette dernière opinion que je me suis arrêté après avoir observé certains œufs dans lesquels la facette P^{11} P^{12} prend une direction intermédiaire entre la sagittale et la tropicale. On voit dans ce dernier cas que la cellule la plus petite est aussi la plus rapprochée du pôle oral, je lui ai en conséquence attribué la lettre P^{11} et je la considère comme une cellule péripolaire qui s'est déplacée. Les deux schémas ci-dessous (fig. 16 et 17) représentent l'œuf vu par sa face orale; la segmentation a été figurée seulement pour le côté droit, les cellules du côté gauche ont été intentionnellement laissées telles qu'elles se présentent au stade précédent.

La segmentation des diverses cellules orales est presque simultanée, cependant elle a lieu un peu plus tôt pour P^2 et se termine en dernier par P^1. Pour décrire à ce stade l'œuf considéré en

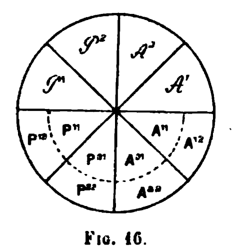


Fig. 16.

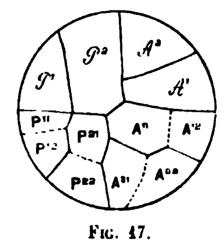


Fig. 17.

lui-même, sans tenir compte de l'origine ni des rapports morphologiques des cellules on peut dire que chacune de ses moitiés droite ou gauche est formée d'un anneau de sept cellules touchant le plan médian et entourant la cavité de segmentation, cet anneau est fermé latéralement et de chaque côté par un couvercle de cinq cellules. Parmi toutes ces cellules trois sont plus superficielles et introduites en forme de coin au milieu des autres sans atteindre la cavité de segmentation, ce sont (pour le côté droit) P^{11}, A^{12} et P^{12}.

Stade XXXII. — Nous passons du stade XXIV à celui-ci par la division de tous les élémemts de l'hémisphère aboral et nous arrivons à un état qui a son homologue exact dans la segmentation typique. Le travail de scission commence presque au même instant pour a^2 et p^1; lorsqu'il est achevé, l'œuf entier est formé de chaque côté du plan médian, par neuf cellules disposées en anneau sur lequel sont appliquées latéralement sept cellules dont la notation des figures 5 et 12, pl. XVIII fait connaître la généalogie. Pour l'hémisphère oral il n'y a rien de

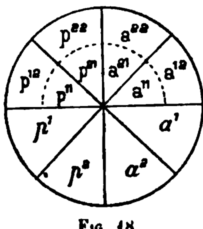



Fig. 18.

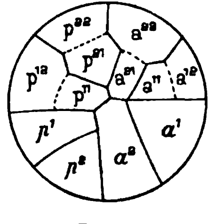


Fig. 19.

changé au schéma établi plus haut, mais pour l'hémisphère aboral les figures ci-dessous font connaître la disposition des

nouvelles facettes. Dans certains cas que représente la figure 19 ci-dessus elles dessinent assez bien un cercle autour du pôle aboral mais d'autres fois la facette p^{21}, p^{22} est fortement déviée comme le montre la figure 21 ci-dessous, qui est une vue par le côté droit, comparée à la segmentation typique (fig. 20). Malgré la grande dislocation des facettes leur homologation même dans ce cas extrême ne me paraît pas impossible.

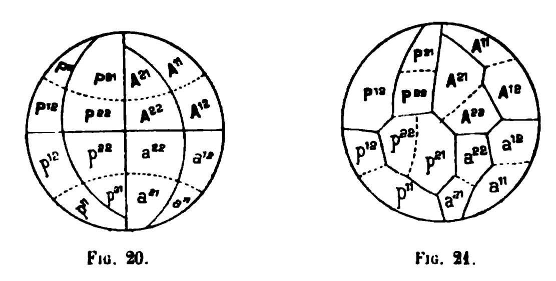


Fig. 20. Fig. 21.

Au delà du stade XXXII il faut renoncer à l'homologation cellule à cellule. En terminant l'histoire de cette première partie du développement de l'*A. aspersa*, nous devons nous demander quel est l'intérêt des rapprochements cellule à cellule que j'ai décrit avec tant de détails. Ce sujet touche à des questions trop nombreuses et trop difficiles pour pouvoir être traité en quelques lignes; je me contenterai donc de montrer dans quelle série de faits viennent se ranger ceux que j'apporte et comment tous ensemble constituent un chapitre spécial et, pour ainsi dire, nouveau de l'embryologie que l'on pourrait appeler la morphologie de la segmentation.

Morphologie de la segmentation. — On sait que sur tous les œufs qui possèdent un globule polaire, le premier plan de segmentation passe par ce globule. On sait aussi que sur l'Ascidie, sur la grenouille et sur d'autres animaux, le premier plan de segmentation passe par le plan médian et que sur beaucoup d'espèces les trois premiers plans de segmentation sont perpendiculaires entre eux. Dès lors, il y a intérêt à se demander s'il y a homologie entre les diverses facettes de segmentations de divers animaux. En examinant à ce point de vue les meilleures monographies, on reconnaît qu'un très petit nombre seulement de descriptions sont assez complètes pour permettre de se faire une idée complète des premières phases d'un animal. Je résume

ici les conclusions que j'ai pu tirer de la lecture de mémoires, malheureusement peu nombreux.

Le premier fait est que sur les œufs d'animaux *d'espèce différente*, les facettes de segmentation que la suite du développement fait considérer comme homologues n'apparaissent pas dans le même ordre. Ainsi, dans l'*Ascaris lumbricoïdes*, d'après l'excellent travail de Hallez, le premier sillon de segmentation sépare le futur endoderme du futur ectoderme. Il correspond par conséquent homologiquement au sillon équatorial de l'Ascidie, ou peut-être même à quelque sillon encore plus tardif. Sur l'Ascaris, le second sillon divise l'initiale ectodermique en partie céphalique et partie caudale, il est par conséquent frontal et homologue aux deux facettes frontales qui divisent l'hémisphère aboral de l'Ascidie. Le troisième plan de segmentation de l'Ascaris divise l'initiale endodermique parallèlement à l'équateur et c'est seulement au quatrième lieu qu'apparaît sur cet animal un plan de scission antéro-postérieur divisant l'ectoderme en partie droite et gauche, et homologue par suite à une portion du premier plan de segmentation de l'Ascidie. Je me borne à cet exemple, qu'il est aisé d'appuyer par d'autres tirés d'animaux très divers.

Le second fait concernant la morphologie de la segmentation ne diffère guère du précédent et en contient probablement l'explication, il consiste en ce que sur divers œufs *d'une même espèce*, les facettes de segmentation que la suite du développement fait reconnaître comme homologues, n'apparaissent pas dans le même ordre. Je laisse de côté, bien entendu, toutes les évolutions monstrueuses pour ne parler que de celles qui conduisent à des larves bien conformées. Il y a de très nombreux exemples du fait que j'invoque; ainsi sur l'*Ascaris lumbricoïdes* le second sillon (homologiquement équatorial) peut apparaître soit avant, soit après le troisième sillon (homologiquement frontal).

Un troisième fait, n'est autre que celui que j'ai établi pour l'*A. aspersa*, il consiste en ce que sur des animaux *d'espèce différente*, une même facette de segmentation peut présenter de légères différences d'orientation.

Un quatrième fait, présente avec le troisième les mêmes rapports qu'ont entre eux le premier et le second fait, il consiste en

ce que sur les divers œufs *d'une même espèce*, une même segmentation peut présenter des orientations variables. C'est ce qui a été mis hors de doute par les nombreux travaux dont la segmentation de la grenouille a été l'objet et surtout par les recherches de Rauber et de Roux. Un des schémas qu'a donné ce dernier auteur, ressemble tellement à celui que j'ai donné pour l'Ascidie, vu par le pôle au stade XVI (fig. 8 et 9, page 205), que je ne puis m'empêcher de le reproduire. Roux nous apprend qu'au mo-

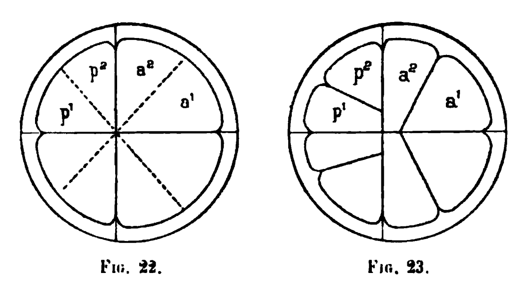


FIG. 22. FIG. 23.

ment de leur formation, les sillons méridiens étaient dirigés vers le pôle comme le montre le trait pointillé de la figure 22 ci-dessus, mais ces directions se modifient avant que les sillons n'aient pénétré profondément, de telle sorte, qu'ils sont finalement dirigés comme dans la figure 23. Cette déviation indique clairement l'homologie des sillons diversement dirigés. Notons que sur la grenouille, les deux cellules antérieures sont plus grosses que les postérieures, fait que l'on retrouve également dans la Clavelline et quelquefois dans notre espèce.

Un cinquième fait, concernant la morphologie générale de la segmentation, consiste en ce que la segmentation du corps cellulaire peut ne pas accompagner celle du noyau et retarder sur elle d'un temps plus ou moins long. Sur l'Ascidie, ces cas sont le plus souvent tératologiques et je les étudierai plus loin, mais ils sont normaux sur d'autres animaux et notamment sur la *Renilla reformis* Pall. L'œuf de ce polype voisin du corail peut, d'après Wilson, se segmenter de cinq manières différentes, conduisant toutes à des formes normales. Ces cinq manières ne diffèrent pas entre elles par la segmentation du noyau, mais seulement par celle du protoplasma dont la division éclate plus ou moins tardivement, de telle sorte, que le premier stade compte tantôt XVI, tantôt VIII, tantôt IV et tantôt deux cellules.

Un sixième fait consiste en ce que souvent les cellules de segmentation se déplacent après leur formation et contractent entre elles de nouveaux rapports. Il suffit de rappeler les faits bien connus, concernant l'embryologie des Hétéropodes, Ptéropodes, Turbellariés, etc. Ce déplacement ne joue qu'un faible rôle chez l'Ascidie, nous verrons cependant qu'il est l'origine de formes tératologiques spéciales.

A toutes ces causes de la variabilité de la segmentation il faut encore joindre l'action bien connue de la présence d'une quantité plus ou moins grande de lécithe et quelques autres phénomènes dont je parlerai à propos de la tératologie et on aura ainsi un premier aperçu morphologique de la segmentation que l'on peut résumer ainsi : *Des œufs dont la segmentation est en apparence très dissemblable se divisent cependant d'une manière homologue.* Je n'insiste pas sur cette proposition qui demanderait de longs développements pour être établie d'une manière complète. Ces développements par leur caractère de compilation ne peuvent trouver place ici et je les réserve pour un autre travail. Je me contenterai d'énoncer la seconde loi de la segmentation, déjà entrevue par plusieurs auteurs qui est que *inversement des cellules de segmentation, que leurs rapports réciproques dans l'œuf font considérer comme homologues sur différents animaux ne donnent cependant pas naissance aux mêmes organes.* On trouve la preuve de ce dernier fait dans le mode de formation du mésoderme, et l'Ascidie en offrira plus loin un exemple. En résumé les phénomènes de la segmentation rapprochés de l'évolution ultérieure paraissent montrer que l'homologie des organes est, dans une certaine mesure, indépendante de celles des cellules dont ils proviennent. Quelle que soit la vérité de cette proposition on voit quel intérêt s'attache à la description minutieuse des premiers stades des animaux. J'aborde à présent la seconde partie de l'embryologie de l'*Ascidia aspersa.*

La blastosphère. — Après le stade XXXII, et déjà à ce stade, l'œuf constitue une blastosphère. La coupe optique montre que le nombre des cellules voisines du plan médian augmente de neuf à onze (fig. 7, pl. XVIII) avant qu'apparaisse aucune trace d'invagination; la généalogie de ces onze cellules est donnée sur la figure. La cavité de segmentation toujours persistante est ce-

pendant fort réduite et elle disparaît sur notre espèce, contrairement à ce que Kowalevsky a reconnu pour la *Phallusia mamillata*, avant le début de l'invagination. Je n'insiste pas sur ce détail dont la valeur phylogénétique ou autre me paraît insignifiante. La forme générale de la blastosphère est globuleuse, elle est formée d'une seule assise de cellules, parmi lesquelles il est impossible de distinguer à aucun caractère les endodermiques des ectodermiques, difficulté que ne présente, paraît-il, ni la *Clavellina Rissoana* ni la *Phallusia mamillata*. Je continue donc à désigner les deux faces de la blastosphère par les épithètes d'oral et d'aboral qui m'ont déjà servi. Aux extrémités antérieure et postérieure on remarque sur la coupe optique médiane (fig. 7, pl. XVIII) la présence de cellules plus petites qui sont pour le côté droit P^{11} et a^{12} dont la première appartient à l'hémisphère oral et l'autre à l'hémisphère aboral. Sur la *Clavellina Rissoana* il n'existe au même stade, de petites cellules qu'à l'extrémité postérieure d'où résulte comme l'ont noté E. Van Beneden et Julin la facilité d'orienter la blastosphère ce qui est impossible pour l'*A. aspersa* si on n'a pas suivi le développement dès le début ou si on n'attend le stade gastrula. Sur cette coupe antéro-postérieure on compte cinq cellules aborales et six orales et sur la coupe frontale perpendiculaire à la précédente six orales. Je n'ai pu estimer le nombre des aborales qui est déjà élevé mais il faut bien noter que l'ensemble de toutes ces cellules forme une couche simple et non trois couches concentriques comme sur l'*Ascidia canina*, au rapport de Kupffer. Il est vrai que cette observation de Kupffer est mise en doute par Kowalevsky qui n'a vu comme moi qu'une blastosphère simple mais je ne saurai ainsi rejeter à priori l'affirmation du naturaliste allemand car tout ce que nous savons de l'embryologie des Tuniciers nous montre aujourd'hui qu'elle est extrêmement variée.

La Gastrula. — La gastrula ne se forme pas par invagination proprement dite puisque, dans notre espèce, à l'époque de sa formation, il n'existe plus de cavité de segmentation. Le procédé n'est pas non plus celui de l'épibolie. Il consiste en un reploiement en forme de coupe ou de sébille des bords de la blastosphère qui s'est au préalable aplatie. La face orale d'abord plate se creuse ainsi peu à peu d'une cavité dont la plus grande

profondeur, située dans le plan médian de l'animal, ne correspond cependant pas exactement au centre du disque oral mais se trouve située un peu en avant comme le montre les figures 30 et 31, pl. XIX. Il est facile en ayant égard à cette particularité d'orienter l'œuf car le bord antérieur de la fossette gastruléenne est beaucoup plus court que le postérieur. A l'instant même où débute la formation de la gastrula, le feuillet invaginé ou hypoblaste compte sur la coupe frontale six cellules et cinq sur la coupe antéro-postérieure comme le montrent les deux figures 37 et 30, pl. XIX. Pour faciliter la description il faut dès à présent donner des noms aux différentes parties du bord de la sébille gastruléenne. Or, la suite du développement montre que le bord postérieur se porte plus tard à la rencontre du bord antérieur et finit par s'entre-croiser avec lui. De cet entre-croisement il résulte que le bord primitivement postérieur devient antérieur et réciproquement. Pour ne pas intervertir les noms et éviter toute ambiguïté j'appelle bord recouvert le bord primitivement antérieur et bord recouvrant le bord primitivement postérieur. Le bord recouvert est entier, le bord recouvrant est échancré sur la ligne médiane (fig. 40, pl. XIX). Je reviendrai plus loin sur la description de la gastrula vue par la face orale, nous allons envisager en premier lieu ce qui est visible de profil sur la coupe optique antéro-postérieure. Pendant la durée du repli en sébille, c'est-à-dire dans l'intervalle de trente minutes environ, le contour varie d'une manière considérable comme le montrent les figures 30 à 33, pl. XIX. Les cellules invaginées se divisent par scission transversale et chaque cellule, à l'instant de sa division, devient arrondie et limite avec les cellules voisines des espaces intercellulaires de forme variable, qui font souvent communiquer la cavité de la gastrula avec l'espace laminaire qui représente la cavité de segmentation. Je n'ai pu noter que pour quelques unes l'ordre dans lequel a lieu la segmentation des cellules invaginées ; la première scission porte sur les deux plus centrales en commençant par la postérieure. L'archentéron qui se creuse de plus en plus devient oblique par rapport au plan du blastopore (fig. 32, pl. XIX) et finalement se coude à angle droit (fig. 33, pl. XIX). Les cellules qui formaient naguère la face antérieure de la gastrula, se placent sur le même plan que celles de la face orale (face occupée par le blastopore) et ainsi se forme *une face nouvelle* (fig. 33

et 35, pl. XIX) qui est le plan dorsal de la future larve. Sur la gastrula entièrement coudée de la figure 33, le pôle morphologiquement opposé au blastopore ne me paraît pas être le milieu de la grande face convexe (inférieure ou ventrale), mais plutôt l'extrémité antérieure. C'est à peu près là ou apparaîtra plus tard la bouche, laquelle est dès lors à peu près morphologiquement opposée au blastopore, bien que un peu plus rapproché de lui, suivant la face dorsale que suivant la face ventrale de l'animal. La question importante à décider serait de savoir si la bouche apparaît réellement entre les cellules ectodermiques qui formaient autrefois le pôle aboral (ou leurs descendantes), c'est-à-dire si la bouche est morphologiquement située à l'un des pôles de l'œuf, et, si sa position manifestement dorsale, n'est due qu'au plus grand développement d'une des faces de la blastosphère. Sans décider ce problème difficile, il me paraît que le déplacement de la bouche est dû *au moins en partie* à la plus grande multiplication des cellules sur la face ventrale.

Les coupes transversales ou frontales de la gastrula montrent un aspect bien différent de la coupe médiane. L'invagination a lieu symétriquement à droite et à gauche et le feuillet invaginé compte au début (fig. 37 et 38, pl. XIX) six cellules, parmi lesquelles celles qui forment la lèvre externe du blastopore ont à cette époque, nettement le caractère ectodermique.

Revenons à l'examen de la gastrula par la face orale; à raison de l'échancrure déjà signalée du bord recouvrant du blastopore, celui-ci a dans son ensemble la forme d'un fer à cheval très refermé. Les deux branches du fer à cheval se rapprochent l'une de l'autre par leurs extrémités terminales et les cellules du blastopore se différencient bientôt en trois groupes, un moyen et deux latéraux. Le groupe moyen forme le bord antérieur ou recouvert, il est composé d'éléments allongés, minces, disposés en rayon (fig. 41, pl. XIX), formant une sorte de palissade très caractéristique. On compte d'abord six, puis huit de ces cellules en palissade et elles s'unissent de plus en plus intimement. Les groupes latéraux sont formés d'abord de trois, puis de quatre cellules arrondies présentant souvent une légère *teinte verdâtre*. Les cellules terminales de ces deux groupes, qui limitent entre elles l'échancrure postérieure, se rapprochent sans cesse et finissent par se toucher; les deux groupes latéraux se confondent

alors en un seul formé de huit cellules (fig. 41, pl. XIX). A cet instant, l'orifice du blastopore est déjà fort petit et le groupe de cellules postérieur chevauche par ses extrémités sur le groupe antérieur. Les cellules du groupe postérieur ou bord recouvrant du blastopore, glissent à l'intérieur par suite du mouvement d'invagination et sont à mesure remplacées par d'autres ayant le même aspect verdâtre et subissant le même sort. La gastrula vue par la face opposée à celle que je viens de décrire ou par la face ectodermique, présente un pavage extrêmement régulier de cellules disposées en rangées longitudinales et transversales. Les cellules sont dans ce cas rectangulaires ; d'autres fois, le pavage est hexagonal, mais la ligne médiane du corps reste toujours formée par une série de facettes disposées en ligne droite sur le prolongement les unes des autres et elle constitue pour l'ensemble du pavage un axe de symétrie évident. Lorsque l'invagination est complète et l'archentéron recourbé à angle droit, comme le montre la figure 33, pl. XIX, on compte sur la coupe antéro-postérieure environ dix cellules invaginées et huit sur la coupe transversale. Ces huit dernières se retrouvent beaucoup plus tard sans augmentation de nombre lorsque le système nerveux central est déjà formé (figure 34, pl. XIX). La gastrula caractérisée par la forme coudée de l'archentéron, se développe encore un peu et, vers la neuvième heure à compter du début de la segmentation, commence le chevauchement des bords du blastopore, c'est-à-dire la formation du système nerveux. A partir de cet instant nous abandonnerons la description de l'embryon par stades qui entraînerait de nombreuses redites et nous ferons l'histoire successive et très abrégée de chaque organe.

Le système nerveux. — Les vues de profil sont les plus favorables pour montrer la formation de la cavité médullaire et l'apparition à peu près simultanée du rudiment de la corde dorsale. Le canal nerveux se forme exactement comme Kowalevsky l'a décrit pour la *Phallusia mamillata* et quelques autres espèces et comme l'avait vu antérieurement Metschnikoff. Il y a un chevauchement des deux bords du blastopore que Metschnikoff compare très justement à la grimace qu'on fait en voulant porter sa lèvre inférieure vers son nez. Dans l'*A. aspersa* il n'y a pas de sillon médullaire proprement dit mais seulement une petite fos-

sette qui se creuse et se déplace d'arrière en avant au fur et à mesure que la lèvre postérieure du blastopore la recouvre en arrière. Cette fossette est représentée vue de face dans la figure 122, pl. XXII et vue de profil dans la figure 35, pl. XIX. Le bord postérieur du blastopore à mesure qu'il se porte en avant se soude en même temps par les parties latérales avec la face superficielle de la gastrula, limitant ainsi une sorte de tunnel qui progresse en avant et dont il ne forme que la voûte. L'ouverture antérieure de ce tunnel aboutit à la fossette dont je viens de parler et on peut croire, comme le dit Metschnikoff que la paroi dorsale de la cavité médullaire est formée par le feuillet invaginé de la gastrula. Au contraire le bord antérieur du blastopore ne paraît pas se déplacer et par suite la paroi inférieure du canal médullaire est formée aux dépens du feuillet superficiel de la gastrula. La figure 35, pl. XIX montre suffisamment comment se passe le phénomène. Un grave dissentiment qui me paraît impossible à trancher est survenu entre Kowalevsky et Metschnikoff au sujet de la nature des cellules qui tapissent la paroi dorsale du canal médullaire. Ces cellules sont en continuité d'une part avec le feuillet invaginé de la gastrula et d'autre part avec son feuillet superficiel. Kowalevsky les rapporte sans hésitation à l'ectoderme, Metschnikoff à l'endoderme : il en résulte que, pour le premier auteur, le canal nerveux est entièrement ectodermique et, pour le second, ce canal est formé d'une paroi endodermique et d'une paroi ectodermique. Quelque singulière que paraisse la seconde opinion on ne peut la rejeter sans des preuves anatomiques car à ne considérer que les faits elle se présente avec tout autant de naturel et de simplicité que la première. Malheureusement dans l'espèce que j'ai étudiée les diverses cellules des deux feuillets de la gastrula n'ont pas de caractères anatomiques propres qui les distingue et je ne puis apporter aucun élément à la solution de ce problème.

Formation du mésoderme. — Les cellules du feuillet invaginé ou archentéron de la gastrula se différentient rapidement en quatre groupes; la première de ces différentiations est celle du rudiment de la corde qui est constitué par un double rang de cellules situé sur la ligne médiane dorsale au voisinage du blastopore. Peu après l'individualisation de la corde, ou peut-être

simultanément survient celle du mésoderme, celui-ci est composé comme Kowalevsky l'a le premier reconnu de trois rudiments différents : deux bandelettes latérales et une bandelette médiane ventrale. La bandelette médiane ventrale est comme le rudiment de la corde formée d'une double rangée de cellules. Les deux bandelettes latérales sont formées comme la précédente d'une seule couche de cellules et elles se réunissent l'une à l'autre en arrière. Le rudiment de la corde et ces trois bandelettes mésodermiques limitent par leur réunion un canal qui n'est autre que la portion de l'archentéron qui avoisine le blastopore. Autrement dit, si on divise par un plan transversal et frontal la gastrula allongée de l'Ascidie toute la partie de l'archentéron qui se trouve en avant de ce plan forme le matériel de la cavité branchio-intestinale, et toute la partie qui est située en arrière forme les rudiments de la corde et du mésoderme. L'archentéron étant formé d'un simple feuillet de cellules, les rudiments de la corde et du mésoderme sont quatre lanières découpées longitudinalement dans la partie postérieure de ce feuillet. J'ai dit que la corde paraissait la première partie individualisée ; les bandelettes latérales du mésoderme s'isolent également de bonne heure du sac branchio-intestinal (portion antérieure de l'archentéron) aussi bien que de la corde et de la bandelette ventrale. La bandelette mésodermique ventrale est la dernière à s'isoler et elle reste en continuité en avant avec la paroi inférieure du sac branchio-intestinal alors que les bandelettes latérales et la corde sont déjà bien distinctes des mêmes parties. Cette particularité extrêmement importante a déjà été notée par Kowalevsky sur la *Phallusia mamillata* et cet auteur a reconnu en outre que les cellules de la bandelette ventrale offraient les caractères de l'endoderme, c'est-à-dire les caractères des cellules du sac branchio-intestinal. Sur l'*A. aspersa* toutes les cellules de l'archentéron offrent plus ou moins le même aspect mais la bandelette mésodermique ventrale conserve le même caractère que dans la *Phallusia mamillata*, c'est-à-dire qu'elle est la prolongation immédiate du sac endodermique et devient cependant une des origines du mésoderme !

Ultérieurement la partie antérieure de l'archentéron, ou sac branchio-intestinal, se sépare de la postérieure par une sorte d'étranglement et par l'apparition de quelques cellules qui vien-

nent fermer en arrière sa cavité (figure 35, pl. XIX). Pendant ce temps le canal limité par la notocorde et les trois bandelettes mésodermiques disparaît par le rapprochement de toutes ces parties et il ne reste de l'ancienne cavité archentérique que la portion antérieure ou cavité branchio-intestinale laquelle est maintenant sans communication avec le canal neural. L'étranglement qui sépare le mésoderme du sac branchio-intestinal est bien visible sur les larves vues de dos ou de ventre, il consiste en une légère pénétration de l'ectoderme en forme de coin comme le montre la figure 42, pl. XIX. On voit sur la même figure que l'endoderme pénètre entre les deux bandelettes mésodermiques latérales et se continue avec la bandelette médiane ventrale qui est bien distincte des précédentes et superposée au rudiment de la notocorde. Les deux bandelettes latérales se réunissent en arrière et leur ensemble présente la forme d'un fer à cheval à concavité antérieure. Je reviendrai plus loin sur la signification homologique de toutes ces parties en parlant de la cavité périviscérale.

La notocorde. — L'histoire du développement de cet organe comprend deux phases qu'il importe de distinguer avec soin, la formation du *rudiment* et la transformation de ce rudiment en corde. La première apparition du rudiment est difficile à saisir car les cellules qui lui donnent naissance n'ont pas de caractère propre. Au moment où s'entre-croisent les deux lèvres du blastopore il n'y a nulle indication du rudiment mais il se différentie peu après. Il est formé de très bonne heure, sinon dès son apparition, de deux rangées de cellules l'une droite l'autre gauche, en contact sur la ligne médiane et formant une bandelette dont l'extrémité postérieure, située immédiatement en avant du blastopore, concourt à en former le bord antérieur. Le rudiment de la notocorde limite avec les bandelettes mésodermiques un canal qui est la partie postérieure de la cavité archentérique, ce canal disparaît par l'accolement de ses parois qui a lieu d'arrière en avant vers la dixième ou onzième heure du développement. La corde étant un organe profondément situé son examen ne peut être fait sur l'animal vivant que par transparence, soit au travers du système nerveux, soit au travers du mésoderme, ce qui en rend l'observation assez difficile. Le point le plus ma-

laisé de son histoire est de saisir comment un rudiment qui est formé d'une double rangée de cellules donne finalement naissance à un organe qui n'est formé que d'une seule rangée. Il m'a paru qu'une cellule impaire vient se placer à chacune des extrémités du rudiment. La cellule impaire antérieure serait l'initiale de la région antérieure de la corde, la cellule impaire postérieure serait l'initiale de la région postérieure du même organe tandis que les cellules du rudiment proprement dit s'enchevêtrant les unes dans les autres se disposent sur un seul rang.

Le rudiment de la corde décrit par Kowalevsky pour la *Phallusia mamillata* compte douze cellules dont huit sont placées latéralement de chaque côté du blastopore et quatre plus en avant. Ce rudiment est donc bifurqué en arrière et embrasse le blastopore. Sur l'*A. aspersa* le rudiment est situé entièrement en avant du blastopore et il n'est pas bifurqué aussi ne mérite-t-il à aucun titre le nom d'organe en fer à cheval que lui avait donné d'abord Metschnikoff. D'après Seeliger le rudiment de la corde sur une Clavelline dont il ne fait pas connaître l'espèce comprend également des cellules postérieures au blastopore, de telle sorte qu'à l'origine, le blastopore traverse le rudiment de la corde. E. Van Beneden et Julin nient cette disposition mais ils n'ont pas étudié la même espèce que Seeliger, les mêmes auteurs nient également que le rudiment de la corde soit en fer à cheval, mais ils généralisent sans doute à tort ce qu'ils n'ont constaté que sur la *Clavellina Rissoana*. Il me paraît au contraire probable en rapprochant toutes les observations de conclure que le rudiment de la corde est formé de deux rangées de cellules situées primitivement d'une manière symétrique de chaque côté du blastopore, mais de bonne heure la partie de la notocorde située en avant du blastopore prend un développement prépondérant. Nous verrons que les expériences tératologiques démontrent que chez l'*A. aspersa* la corde provient en grande partie des deux blastomères postérieurs du stade IV, ce qui ne peut s'expliquer qu'en admettant qu'une partie au moins de la corde a pour initiale des cellules situées en arrière du blastopore.

La nature de la corde est un des points les plus vivement controversés de l'embryologie des Ascidies. Jean Müller a le premier comparé cet organe à la corde des cyclostomes; Leuckart et après lui Kowalevsky, affirmèrent sans hésiter la même homologie,

toutefois, l'auteur russe faisait remarquer dans son premier mémoire que la corde des Ascidies étant reléguée dans la queue et le système nerveux dans le tronc, on ne peut, sur aucun point de l'animal, trouver superposés, dans l'ordre qui les caractérise chez les Vertébrés, le système nerveux, la corde dorsale, l'intestin. On s'est quelquefois emparé de cette remarque pour en faire une arme contre la théorie vertébrale des Ascidies, mais le fait lui-même est depuis longtemps reconnu inexact et il a été rétracté par l'auteur lui-même dans son second mémoire. Sur l'espèce que j'étudie, le système nerveux, la notocorde et l'intestin sont superposés exactement comme chez les Vertébrés, et il existe entre la cavité archentérique et le canal neural une communication dont on ne connaît pas d'analogue en dehors des animaux de ce groupe.

Le sac branchio-intestinal. — La larve âgée de vingt-quatre heures est éclose ou sur le point d'éclore. A cette époque, la portion antérieure de la corde dorsale, qui s'accroît en avant, s'insinue entre le système nerveux et la paroi postérieure et supérieure du sac branchio-intestinal sur lequel elle se creuse une dépression. Le sac branchio-intestinal se divise en deux parties par un étranglement transversal. Cet étranglement dû à une plicature de sa paroi inférieure, forme une cloison transversale qui divise le sac en deux loges dont les cavités ne communiquent que du côté dorsal. Cet orifice de communication n'est, du reste, pas médian, mais situé en haut et à droite : c'est l'ouverture du futur œsophage ou la vraie bouche pour de Lacaze-Duthiers et d'autres auteurs. Le sac postérieur ou intestinal, à raison de la dépression que fait sur son bord supérieur ou dorsal l'extrémité antérieure de la corde dorsale, a la forme d'un U dont les deux branches sont verticalement et symétriquement disposées à droite et à gauche; la concavité de cet U regarde en haut et reçoit la corde dorsale, la branche gauche se termine en cul-de-sac et est complètement isolée du sac branchial, la branche droite est en communication avec le sac branchial.

Vers la même époque, le sac branchial présente sur une coupe frontale la forme d'un T (fig. 39, pl. XIX), son bord inférieur a subi une sorte de pincement qui l'écarte de l'ectoderme et détermine entre celui-ci et le sac branchial la formation d'une cavité qui

reçoit le mésoderme. La face supérieure du sac branchial est largement excavée pour recevoir la vésicule cérébrale enfouie de plus en plus à son intérieur, ce dont il faut tenir grand compte dans l'interprétation des vues latérales de la larve, lesquelles ne montrent le cerveau que par transparence au travers d'une partie du sac branchial.

La différentiation du sac branchio-intestinal en sac branchial et sac intestinal par l'apparition d'une plicature de la paroi inférieure est également admise par Seeliger pour sa Clavelline, mais le processus décrit par E. Van Beneden et Julin pour la *Clavellina Rissoana* est bien différent : chez cette espèce, le sac intestinal se formerait par suite d'un bourgeonnement du sac branchial et d'une manière très analogue à ce que l'on sait pour la formation des mêmes parties sur les individus nés par bourgeonnement. La figure que donne Kupffer pour les différentiations du sac branchio-intestinal de la *Molgula macrosiphonica* peut aussi bien s'interpréter par un bourgeonnement que par une plicature ou segmentation incomplète du sac branchio-intestinal. Sur l'*A. aspersa*, le sac intestinal subit plus tard une nouvelle différentiation. Les deux branches de l'anse qu'il forme paraissent symétriques à droite et à gauche; elles s'individualisent de plus en plus en plus par la descente du pli qui les sépare. La branche droite devient l'œsophage, la partie moyenne ou recourbée devient l'estomac, la branche gauche devient le rectum. Ces trois organes sont contenus dans un même plan transversal, et l'œsophage et le rectum se présentent à cette époque comme s'ils étaient les homologues l'un de l'autre de chaque côté du plan médian. Un peu plus tard le rectum s'ouvre dans l'atrium gauche; mais durant tout le bébut de la période larvaire, il n'y a d'autres différences entre l'œsophage et le rectum que leurs connexions avec le sac branchial et l'atrium, et ce qui confirme l'homologie apparente des deux organes, c'est que dans certains cas leurs rôles sont échangés; la branche droite de l'anse intestinale entre en connexion avec l'atrium droit et devient rectum, tandis que la branche gauche se jette dans le sac branchial et devient œsophage. Les mêmes matériaux embryogéniques peuvent donc, selon le cas, devenir un rectum ou un œsophage. Cette inversion est, du reste, un fait très rare dont je n'ai observé que deux cas.

La vésicule cérébrale et les organes sensoriels. — On sait que la portion antérieure du canal neural se renfle en une vésicule cérébrale dont la cavité se prolonge en arrière dans le canal médullaire. Certaines espèces d'Ascidie possèdent même deux vésicules situées l'une derrière l'autre dont la seconde a reçu le nom de cerveau postérieur. Cette seconde vésicule, qui est la moins importante, fait défaut à l'*A. aspersa* qui ne possède qu'une grosse vésicule sensorielle suivie d'une très courte moelle. Cette vésicule est à toutes les époques formée d'une seule couche de cellules; par une différentiation précoce, deux de ces cellules deviennent pigmentées, l'une située sur le plancher formera l'organe appelé par Kowalevsky otolithe, l'autre située au plafond deviendra la tache oculaire du même auteur. L'œil et l'otolithe ne sont à leur apparition rien autre chose que de simples cellules cérébrales pigmentées. Leur situation est un peu variable et ni l'un ni l'autre n'occupent la ligne médiane. Ce sont des organes asymétriques; si on regarde une larve par l'extrémité antérieure (fig. 39, pl. XIX) on les voit en saillie sur la face interne de la vésicule, à une distance l'un de l'autre égale au tiers ou au quart de la circonférence. Leur position absolue par rapport au tronc de la larve n'est pas constante, si l'œil est latéral et supérieur, l'otolithe est sur le plancher à peu près sur la ligne médiane, si l'œil est plus bas l'otolithe est rejeté sur le côté opposé et prend une position presque symétrique à celle de l'œil. La variété de position de ces organes me paraît tenir à une rotation totale du cerveau car ils sont toujours dans cet organe, à peu près à la même distance l'un de l'autre. Je n'entre pas dans la description structurale de ces parties, me contentant de noter que la tache pigmentaire de l'otolithe est massive, arrondie, entière, tandis que la tache pigmentaire oculaire est formée de petits grains isolés. Cette différence dans la grosseur des grain de pigment, caractère en apparence futile, persiste dans les formations monstrueuses mieux que tous les autres détails de structure. J'arrive à l'explication de l'assymétrie de ces deux organes.

Relativement à l'otolithe sa parité primitive me paraît prouvée par le fait qu'il en existe deux chez les Pyrosomes. L'otolithe unique des Appendiculaires est situé à gauche du ganglion nerveux, celui des Ascidies occupe plutôt le côté droit de la vésicule

cérébrale et m'appuyant sur ce caractère de position je considère l'otolithe des Ascidies simples comme appartenant au côté droit du corps.

La parité primitive de la tache oculaire est d'une démonstration plus certaine. Chez quelques espèces il n'est pas rare de la rencontrer accidentellement doublée comme le montre la figure 43, pl. XIX, sur une larve âgée de vingt-quatre heures vue de dos et un peu obliquement. Sur certaines espèces la duplicité de la tache oculaire est même extrêmement fréquente et il est singulier qu'elle n'ait pas encore été notée. Dans l'animal que j'ai représenté (fig. 43, pl. XIX) les deux taches sont symétriques et occupent la paroi supérieure et postérieure de la vésicule cérébrale. Chaque cellule pigmentaire est contiguë par son bord externe avec une masse ou lentille réfringante ; en dehors de cette lentille il en existe deux autres disposées en série sur une même ligne oblique en avant et en dehors. Ces lentilles font partie de la paroi de la vésicule. La tache unique de l'*A. aspersa* provient toujours de la pigmentation d'une seule cellule et ne saurait évidemment correspondre à la tache double que je viens de décrire, il faut donc admettre que l'une des taches oculaires primitives avorte normalement dans la plupart des cas et il reste à déterminer laquelle. L'examen des larves d'une troisième espèce (dont l'adulte m'est inconnu) permet de résoudre cette question ; sur ces larves l'œil *unique* est en effet composé d'une tache pigmentée et de trois corps réfringents disposés en série et tournés vers la droite. Ces corps réfringents, ayant d'ailleurs pour position morphologique d'être situés au côté externe de la tache pigmentaire il en résulte que celle-ci est la tache du côté droit. Du reste dans toutes les larves d'Ascidie à œil unique celui-ci occupe toujours le côté droit de la vésicule cérébrale. En résumé les larves d'Ascidie ont un œil et un otolithe droits, les organes symétriques gauches ayant disparu. La question de savoir si ces pétendus yeux et otolithes sont homologues de ceux des vertébrés est très incertaine il faut seulement remarquer que la cellule pigmentée des Ascidies se développe comme la rétine des Vertébrés aux dépens du feuillet nerveux invaginé. Quant à l'otolithe sa détermination même en tant qu'otolithe est si précaire qu'il y a pas lieu d'insister.

Les atrium. — La larve âgée de trente heures possède deux atrium formés par des involutions en cul-de-sac de l'ectoderme, situées immédiatement en dehors du point de jonction du sac branchial et du sac viscéral. Ces deux culs-de-sac sont placés symétriquement de chaque côté du plan médian et ouverts du côté dorsal. L'atrium droit présente primitivement avec le futur œsophage, les mêmes rapports que l'atrium gauche avec le futur rectum. La distinction tardive s'effectue par l'abouchement atrio-anal qui n'a pas son homologue du côté opposé. Les orifices externes des atrium ont été vus pour la première fois par P.-J. Van Beneden sur la *Molgula ampulloïdes*, puis par Krohn sur la *Phallusia intestinalis*, plus tard Metschnikoff reconnut leurs rapports avec le cloaque de l'adulte et leur donna le nom de Cloakenbläschen; enfin, Kowalevsky fixa exactement la position de ces petits organes et en donna des figures. Leur histoire a été dans ces derniers temps complétée par E. Van Beneden et Julin qui ont montré comment sur la *Phallusia scabroïdes*, les deux orifices se rapprochent et se confondent pour former plus tard chacun l'une des moitiés du siphon expirateur de l'adulte. Durant ce fusionnement, le tégument dorsal de sa larve compris entre les deux atrium s'affaisse et vient former la partie médiane dorsale du cloaque définitif. Un point plus important et non encore résolu de l'histoire de ces deux organes est de savoir s'ils forment *à eux seuls* toute la cavité péribranchiale. On sait, en effet, par les recherches concordantes de Metschnikoff, de Kowalevsky, de Della Valle et d'autres auteurs que chez les individus *produits par bourgeonnement* dans les genres *Perophora*, *Botryllus*, *Distaplia*, *Didemnum*, etc., la cavité péribranchiale se forme aux dépens du sac branchial lui-même par deux étranglements latéraux qui offrent avec lui les mêmes rapports qui existent chez la *Sagitta* entre les entérocœles et l'archentéron. Toute autre serait sur les individus *issus des œufs*, l'origine de la même cavité péribranchiale, elle serait si on en croit Kowalevsky et Krohn, entièrement ectodermique et on aurait là un exemple de la naissance d'un même organe aux dépens de l'endoderme et de l'ectoderme indifféremment. Della Valle, s'est le premier, dans un mémoire consacré surtout au développement des Synascidies expressément élevé contre cette manière de voir; il soutient contre Kowalevsky que

le mode de formation de la cavité péribranchiale est le même sur les larves que sur les bourgeons. Il l'a observé, dit-il, d'une manière très claire sur l'*Ascidia mentula* et en donne deux figures dont une paraît très concluante, car elle montre une fente branchiale déjà formée à une époque où l'involution atriale n'a pas encore atteint la cavité péribranchiale. Della Valle ne nie, du reste, aucunement l'existence des deux involutions dorsales ectodermiques, mais elles n'ont selon lui, qu'une faible part à la formation de la cavité péribranchiale, laquelle se développe aux dépens de deux «*extroflexions*» du sac branchial. Ces deux extroflexions s'étendent ensuite latéralement et viennent se souder sur la ligne médiane dorsale ; les involutions atriales auxquelles Kowalevsky attribue toute la cavité péribranchiale ne seraient que deux courts tubes faisant communiquer ces extroflexions endodermiques avec l'extérieur. Enfin, dans cette manière de voir, les trémas branchiaux faisant ultérieurement communiquer la cavité branchiale avec sa propre extroflexion seraient entièrement creusés dans l'endoderme.

Ed. Van Beneden et Julin dans un mémoire plus récent défendent également la même opinion. Voici comment ils s'expriment : « Chez la larve de la *Clavelline* il naît aux dépens de « l'épiblaste, deux culs-de-sac d'origine épiblastique. Ces di- « verticules ne gagnent que fort peu en profondeur, il se forme « bientôt aux dépens de la portion antérieure du tube digestif « deux diverticules hypoblastiques, l'un droit, l'autre gauche. « Ils naissent de la voûte de la cavité branchiale et forment les « cavités péribranchiales. » Les faits que j'ai observés sur l'*A. aspersa* bien que mon attention ne fut pas attirée de ce côté se rapportent beaucoup mieux à la manière de voir de della Valle, de E. Van Beneden et Julin qu'à celle de Kowalevsky. J'ai vu chez des larves âgées de sept jours que la cavité branchiale est divisée en trois compartiments, un médian et deux latéraux. Ces trois compartiments communiquent largement entre eux au niveau du plafond de la branchie, sous le système nerveux, mais en bas ils sont isolés par des cloisons verticales antéro-postérieures, qui s'élèvent du plancher branchial. La figure 13, pl. XVIII qui est une vue de profil montre les projections superposées du compartiment médian et du compartiment latéral le plus voisin de l'observateur (ici le compartiment droit). Leurs contours sont

très différents, le compartiment médian présente en tous sens la plus grande étendue, son bord inférieur épaissi est différencié en endostyle, son bord supérieur présente l'involution de la fossette vibratile. La figure 14, pl. XVIII, représente le même individu vu de ventre deux jours plus tard et montre la position des cloisons qui séparent les trois compartiments. Les involutions atriales s'ouvrent chacune à la face supérieure d'un des compartiments latéraux et je regarde comme leur limite inférieure un fort collier de cils vibratils, porté par un anneau épithélial épais et granuleux. Cet anneau devient plus tard elliptique et en forme de semelle à grand axe dirigé horizontalement d'arrière en avant. Je le considère comme homologue de la ceinture ciliaire qui chez les Appendiculaires occupe les orifices expirateurs des spiraculum.

Le cœur. — Sur les larves âgées de quatre à cinq jours il existe en arrière de la branchie et en avant de l'estomac un amas de cellules qui est limité exactement par ces deux organes et en bas par l'ectoderne. Cet amas est le rudiment du péricarde et du cœur. Vu de profil il est triangulaire et vu par la face ventrale il forme un croissant dont la concavité tournée en avant embrasse l'extrémité postérieure de l'endostyle. Ce rudiment est donc situé dans le plan médian et présente la symétrie bilatérale, plus tard il se déplace vers la droite.

On sait d'après les recherches de Kowalevsky que chez certains tuniciers le premier rudiment des organes centraux de la circulation consiste en une vésicule péricardique close de toute part et formée d'une seule couche de cellules. En un point de cette vésicule se forme une invagination qui devient le cœur tandis que la cavité de la vésicule se transforme en péricarde. Cette intéressante organogénie a lieu sur le *Didemnum styliferum* et d'après le savant russe le cœur formé par invagination aurait dès le début une libre communication avec la cavité périviscérale. Sur le Pérophore, E. Van Beneden a vu le cœur et le péricade provenir d'un amas cellulaire dont les éléments se disposent en deux couches qui se séparent par délamination. Il se formerait ainsi deux sacs concentriques dont l'interne est le cœur, sans communication avec la cavité périviscérale, et l'externe le péricarde. Sur sa Clavelline, Seeliger a vu le cœur se

former par invagination de la paroi d'un rudiment en forme de vésicule et a en outre reconnu que cette vésicule provenait par bourgeonnement du sac branchial et que le cœur et le péricarde étaient par suite des organes endodermiques. Plus récemment enfin, E. Van Beneden et Julin ont reconnu sur la *Clavellina Rissoana* que le rudiment des organes centraux de la circulation provenait de deux tubes (tubes procardiques) dépendant du sac branchial. Ces tubes se soudent à leur extrémité et donnent naissance 1° à la vésicule péricardique embryonnaire, 2° à l'épicarde; la vésicule péricardique embryonnaire se transforme par invagination en cœur et péricarde définitifs tandis que l'épicarde devient le stolon colonial. E. Van Beneden rejette son ancienne opinion sur la formation du cœur par délamination chez le Pérophore. Sur l'*A. aspersa* j'ai reconnu que le rudiment du cœur se détache de la partie postérieure et inférieure du sac branchial comme une masse pleine. Dans cette masse les cavités cardiaques et péricardiques paraissent se former par délamination, car au début la cavité cardiaque n'est pas en communication avec la cavité périviscérale. Les cellules les plus centrales du rudiment cardiaque se transforment en globules sanguins, les moyennes en fibres musculaires, les externes en cellules péricardiques et pendant longtemps les contractions du cœur mettent en mouvement ou plutôt en fluctuation un liquide et des globules contenus à son intérieur sans déterminer aucune circulation extérieure. Le cœur des Ascidies paraît donc se former tantôt par invagination, tantôt par délamination, processus qui ont du reste coutume de se suppléer en maintes occasions; quant à l'épicarde qui devient stolon colonial, il n'a sans doute l'importance que lui attribuent E. Van Beneden et Julin que sur les Ascidies sociales, car je ne l'ai pas trouvé dans l'Ascidie simple que j'étudiais. Le cœur et le péricarde endodermiques des tuniciers sont-ils homologues des mêmes organes mésodermiques des autres animaux? E. Van Beneden et Julin n'hésitent pas à répondre négativement à cette importante question, mais ils ne peuvent s'appuyer sur aucun autre fondement que l'homologie présupposée complète des feuillets blastodermiques des divers animaux. C'est là une pure pétition de principes car nous ne savons pas si l'homologie des feuillets est une règle sans exception et cette doctrine dont la simplicité est séduisante paraît en opposition

avec divers faits. Pour en citer un exemple la fossette vibratile des Ascidies est, d'après Seeliger, ectodermique et celle des Salpes est endodermique et elles ne laissent cependant pas d'être homologues.

Cavité périviscérale. — Tout ce qui touche aux cavités internes dont le corps des tuniciers est creusé, constitue au point de vue morphologique, une question extrêmement difficile. Nous venons de voir quelles étaient les divergences au sujet de la cavité péribranchiale, elles sont beaucoup plus grandes lorsqu'il s'agit de la cavité périviscérale. Le désaccord des auteurs provient en grande partie de ce qu'ils n'ont pas étudié les mêmes espèces et que chacun a cru devoir étendre à toutes ce qu'il avait observé sur quelques-unes. J'exposerai en premier lieu ce que j'ai observé sur l'*A. aspersa* et je rapprocherai ensuite les faits que j'ai observés des descriptions de E. Van Beneden, Kowalevsky, Seeliger et Kupffer.

Sur la larve que j'ai étudiée il y a à une certaine époque trois cavités mésodermiques distinctes sans communication entre elles, ce sont : la cavité périviscérale, la cavité péricardique, la cavité cardiaque. Plus tard la cavité périviscérale entre en communication avec le cœur et se transforme en système circulatoire. Il n'y a ni sur l'adulte, ni sur la larve de cavité périviscérale distincte des précédentes. Remontons à leur origine : en ce qui concerne le cœur et le péricarde, ils proviennent de la transformation d'un rudiment distinct que j'ai décrit, il ne reste donc à envisager que la cavité périviscérale.

Sur les très jeunes individus, le feuillet invaginé de la gastrula est, comme je l'ai dit, différencié en quatre groupes de cellules qui sont : le rudiment de la notocorde, les deux bandelettes mésodermiques latérales, la bandelette mésodermique ventrale et le sac branchio-intestinal. Le feuillet ainsi différencié est formé partout d'une seule couche de cellules et la cavité de l'archentéron communique librement avec l'extérieur, comme le montrent les figures 35 et 42, pl. XIX. Ces deux figures représentent à peu près un même stade qui est vu de profil dans la figure 35, et vu de ventre dans la figure 42. Pour la commodité du langage j'appellerai canal intermédiaire cette portion de la cavité archentérique qui est comprise entre le rudiment de

la notocorde et les trois bandelettes mésodermiques. Ce canal se ferme peu à peu d'arrière en avant, en même temps qu'un amas de cellule (représenté fig. 35, pl. XIX) obstrue en arrière le sac branchio-intestinal. De très bonne heure *les deux bandelettes latérales mésodermiques se segmentent* (voyez fig. 42 et 49, pl. XIX) en deux tronçons situés l'un au-devant de l'autre. Le tronçon antérieur occupe la partie postérieure du tronc (fig. 49, pl. XIX) en arrière et en dehors du sac branchio-intestinal; par suite de sa croissance il s'étend de plus en plus en avant sur les parties latérales du tronc de la larve. La figure 42, pl. XIX montre ce somite au moment précis de sa différentiation, achevons de suite son histoire. Peu de temps après que le rudiment commun du cœur et du péricarde s'est isolé, le segment antérieur du mésoderme se dissocie et la cavité périviscérale se forme par l'apparition d'un liquide plus ou moins abondant entre les éléments dissociés. Ce segment ne se divise nulle part en deux lames continues l'une splanchnique, l'autre somatique (comme chez les Vertébrés) mais il se désagrège purement et simplement, donnant ainsi naissance à une variété de schizocœle qu'il conviendrait de distinguer par un nom spécial.

Pendant ce temps, le segment postérieur de la bandelette latérale du mésoderme se transforme en mésoderme caudal (fig. 49, pl. XIX), et la bandelette ventrale du mésoderme subit le même sort. Tels sont les faits et avant de chercher leur interprétation morphologique il est nécessaire de rappeler ce qui a été vu sur d'autres Ascidies.

Reportons-nous à la description que E. Van Beneden a donné du mésoderme embryonnaire du Pérophore. L'auteur belge nous apprend que le mésoderme de cette Ascidie est constitué à l'origine, par deux plaques situées chacune sur l'un des côtés de l'endoderme. Chacune de ces plaques est constituée en avant par un double feuillet de cellules limitant une vésicule en forme de fente, en arrière par un feuillet simple. Dans la région où le feuillet mésodermique est double, sa cavité communique avec l'intestin. L'évolution ultérieure montre que le feuillet simple produit tous les éléments mésodermiques de la queue, tandis que le feuillet double se désagrège, se dissout et fournit tout le mésoderme du tronc. Il n'y a donc aucun doute sur l'homologie de ces parties comparées avec celles de *l'A. as-*

persa; la partie postérieure ou simple du feuillet mésodermique de la larve du Pérophore correspond à ce que j'ai appelé chez l'*A. aspersa* le segment postérieur de la bandelette mésodermique latérale, et la partie antérieure formée de deux lames est homologue à mon segment antérieur. La différence entre les deux espèces se résume en ceci : 1° il existe sur l'*A. aspersa* une bandelette mésodermique ventrale qui n'est pas signalée chez le Pérophore ; 2° le segment antérieur du mésoderme du Pérophore est, de chaque côté, une vésicule en communication avec l'intestin et non une simple plaque. Considérons d'abord la seconde différence ; elle disparaît si on se rappelle qu'il n'est pas rare de voir l'homologie exister entre des invaginations creuses, des invaginations pleines formées de deux feuillets accolés et des invaginations d'un seul feuillet. Par exemple le système nerveux des Vertébrés est une invagination creuse chez les Sélaciens, une invagination pleine à double feuillet chez les Téléostéens et une invagination en simple lame chez l'Amphioxus. De même parmi les Némertiens les quatre invaginations creuses qui par leur réunion forment l'amnios de la larve Pilidium sont remplacées chez les Linéus par des invaginations pleines formées d'un seul feuillet. Il n'y a donc rien de surprenant à ce qu'un entérocœle comme celui du Pérophore soit homologue d'une simple lame de cellules et ce n'est pas là que gît la véritable difficulté. E. Van Beneden nous apprend en effet que les vésicules entérocœliques sont situées de chaque côté du sac endodermique et en proviennent tandis que nous les voyons placées, chez *l'A. aspersa*, en arrière de ce sac. La naissance des bandelettes latérales chez l'Ascidie est telle qu'on n'a pas le droit de dire qu'elles sont produites par l'endoderme si on entend par ce mot le sac branchio-intestinal, car en réalité la notocorde, les trois bandelettes mésodermiques et le sac branchial se forment par la différentiation simultanée d'un même matériel primitif, le feuillet invaginé de la gastrula. L'anomalie me paraît s'expliquer de la manière suivante. Le rudiment de la notocorde et les trois bandelettes mésodermiques limitent la cavité de l'archentéron, les faces internes de toutes ces cellules ont donc le rapport d'un endoderme. Au contraire, les faces externes des mêmes cellules sont homologues par leurs connexions au mésoderme du Pérophore et des autres animaux. Ces cellules

sont donc mésodermiques par une face, et endodermiques par l'autre; qu'on imagine une délamination qui isolerait les deux faces et toute différence entre l'Ascidie et les autres animaux disparaît, car il y aura alors un véritable endoderme isolé s'étendant du sac branchio-intestinal au blastopore. Cette segmentation, cette délamination du feuillet invaginé de l'archentéron fait défaut et par suite un matériel qui chez les autres animaux, et en particulier chez le Pérophore, se transforme à la fois en endoderme et en mésoderme devient ici entièrement mésodermique et par suite la partie postérieure du corps de la larve est privée de véritable endoderme. Ceci nous explique immédiatement pourquoi les cellules qui forment la bandelette ventrale du mésoderme sont en continuité avec le sac branchio-intestinal et pourquoi elles ont parfois exactement les mêmes caractères physiques comme l'a reconnu Kowalevsky pour la *Phallusia mamillata*. On prend ici *sur le fait* la transformation d'un matériel *morphologiquement hypoblastique* en organes mésoblastiques. La même observation s'applique au rudiment de la corde, on sait en effet que chez les poissons il n'existe d'abord entre le système nerveux et la cavité intestinale qu'une seule couche de cellules qui est le feuillet endodermique. Cette couche se délaminant d'avant en arrière, le feuillet supérieur devient le notocorde tandis que l'inférieur quelquefois *extrêmement mince*, forme la paroi supérieure du canal intestinal. Chez l'Ascidie cette délamination fait défaut et le rudiment de la notocorde qui a morphologiquement une signification endodermique (en tant que la face interne de ses cellules possède la connexion caractéristique d'un endoderme) se transforme tout entier en corde définitive.

Il résulte de tout ce qui précède que E. Van Beneden qualifie à juste titre les Ascidies d'animaux entérocœliens, mais il convient d'ajouter que conformément aux descriptions des premiers auteurs les entérocœles ne se forment pas sur toutes les larves et qu'ils peuvent être remplacés par de simples feuillets unicellulaires provenant de la transformation *in toto* d'une partie du feuillet archentérique invaginé.

Chez le *Perophora* non plus que sur la *Clavellina Rissoana*, E. Van Beneden et Julin n'ont observé aucune segmentation du mésoderme, la vésicule entérocœlique se continuant selon eux

de la manière la plus directe avec la lame mésodermique latérale simple de la queue. Sur l'*A. aspersa* il en est tout autrement, la bandelette mésodermique latérale est nettement et de bonne heure segmentée en deux tronçons (fig. 42 et 49, pl. XIII) et cette segmentation suggère inévitablement l'idée de deux métamères. Le métamère postérieur correspond à la queue, et l'antérieur à la partie postérieure du tronc de la larve. Quant à la partie antérieure du tronc de la larve peut-être faut-il malgré l'absence de mésoderme à cette époque la considérer comme un troisième métamère, ainsi que le veut Seeliger. On sait que E. Van Beneden et Julin n'ayant constaté sur les espèces qu'ils ont étudiées aucune segmentation du mésoderme envisagent la métamérisation d'une manière toute différente, mais il leur a manqué un élément important d'appréciation puisqu'ils n'ont pas vu la segmentation, extrêmement nette cependant, de la bandelette mésodermique en somite caudal et somite somatique, division qui fait sans doute défaut au Pérophore et à la *Clavellina Rissoana* mais qui existe d'une manière très nette sur la Clavelline de Seeliger et sur l'*A. aspersa*. Je n'ai pas vu les nerfs disposés par paires sur lesquels les auteurs belges basent leur théorie de la polymétarisation de la queue, mais l'espèce que j'étudie était peu favorable à cette recherche car son système nerveux caudal est presque entièrement atrophié. Si comme le veulent après Langerans, E. Van Beneden et Julin chaque cellule musculaire de la queue a la valeur d'un myocome, il est singulier que les métamères de la queue soient aussi réduits alors que le métamère qui correspond à leur vésicule entérocœlique est fort développé. Des études embryologiques portant sur d'autres espèces permettront sans doute de lever ces difficultés. Quoi qu'il en soit, la différence que présentent entre eux les mésodermes de l'*A. aspersa* et de l'*A. mamillata* d'une part et celui du Pérophore et de la Clavelline d'autre part, est minime, si on les compare au mésoderme de l'*Ascidia canina*. En effet, d'après la description et encore mieux d'après les figures très précises de Kupffer, on reconnaît que sur cette espèce le mésoderme a une apparition beaucoup plus précoce que sur aucun autre Tunicier car il se forme avant l'invagination gastruléenne *au stade blastophère!* La blastophère de l'*A. canina* est formée de trois couches de cellules dont la plus superficielle correspond à

l'ectoderme des autres Ascidies et dont les deux profondes sont des initiales du mésoderme. Au centre de cette blastophère singulière et unique dans le règne animal est une petite cavité qui n'a pas la signification d'un blastocœle (car le blastocœle est la cavité que limite le feuillet de cellules superficiel) mais qui est un mésocœle. Plus tard a lieu l'invagination gastruléenne laquelle porte sur les trois feuillets et on a alors une gastrula dont les feuillets hypoblastique et épiblastique sont séparés par deux lames mésodermiques. Peut-on faire quelque rapprochement entre le mésoderne précoce de l'*A. canina* et les petites cellules que j'ai trouvées constamment au stade IV ou VIII de la blastophère de l'*A. aspersa* et auxquelles j'ai assigné la signification de mésenchyme? Tout ce qu'on peut dire c'est que ces éléments apparaissent en des points homologues et à des stades correspondants chez les deux espèces.

La tunique de cellulose. — La première formation de la tunique de cellulose a lieu de bonne heure. Une couche d'apparence gélatineuse est secrétée par les cellules ectodermiques et ne contient d'abord aucun élément cellulaire. Cette couche très transparente est séparée de la membrane et des cellules du testa par le liquide périlarvaire ; les cellules du testa n'ont donc certainement rien à voir avec le développement du manteau comme on l'avait cru à une certaine époque. Ce qui a donné lieu à cette erreur est sans doute le fait que sur certaines larves déjà écloses et nageant en liberté on trouve encore les cellules jaunes appliquées à la surface de la tunique. Cet état est normal pour certaines espèces, comme je m'en suis assuré par des pêches au filet fin, mais dans ce cas même la membrane et les cellules du testa sont enlevées peu à peu par desquamation ; leur adhérence à la tunique de cellulose est due à l'absence ou la résorption du liquide périlavaire. Les larves d'*A. aspersa* ne présentent jamais cette adhérence des enveloppes de l'œuf au tégument. La tunique de cellulose reçoit les premiers éléments cellulaires de l'ectoderme sous-jacent. Ces éléments migrateurs demeurent vivants au sein de la substance fondamentale et sont animés de déformations amœboïdes faciles à observer. La tunique est beaucoup plus développée sur le tronc que sur la queue.

Si on considère le mode de formation et d'accroissement de la tunique on voit qu'elle constitue une sorte de mésoderme extérieur, un *tissu vivant* par lui-même ce qui le distingue de tous les exsudats muqueux, chitineux ou autres. Sans doute il est permis, dans les appréciations morphologiques sur les Tuniciers, de traiter la tunique comme une simple cuticule, car la tunique n'existe pas au début de l'évolution et n'est manifestement qu'une partie surajoutée, mais il n'en faut pas moins savoir qu'elle a une valeur anatomique différente des cuticules et des pièces calcaires des mollusques avec lesquelles elle n'a de commun que sa situation morphologique. La tunique est souvent un tissu vasculaire; l'ectoderme joue par rapport à elle le même rôle que le périchondre par rapport aux cartilages ce dont je me suis assuré par des expériences. En décortiquant avec précaution une *Ascidia aspersa*, l'animal dont l'ectoderme est mis à nu survit à l'opération et se revêt d'une nouvelle tunique de cellulose. Cette nouvelle tunique extrêmement mince, d'épaisseur uniforme, transparente est à l'origine très pauvre en éléments cellulaires. Elle s'accroît par le dépôt de couches à sa face interne, et englobe les corps étrangers qu'on met à son contact et notamment les petites Modioles qui se fixent à sa surface par leur byssus. La tunique est comme je l'ai dit un tissu *vivant*, elle pousse devant elle des prolongements de formes variées, elle tapisse les corps étrangers, elle se soude à elle-même. Arrachée de l'animal elle vit encore plusieurs heures et peut-être des jours et ne se désagrége que peu à peu. On sait en outre qu'elle est, chez certaines espèces, pénétrée par des stolons ramifiés et anastomosés qui forment un riche réseau vasculaire. Les faits précédents en concordance avec les travaux des frères Hertwig confirment également l'observation si curieuse faite par della Valle sur la tunique d'une espèce de *Pseudo-didemnum*, tunique dont « les bords découpés subissent des mouvements propres, rapides et visibles à l'œil nu » ce qui démontre bien qu'il ne s'agit pas là d'un simple *exsudat* mais d'un tissu doué de vie.

III

TÉRATOLOGIE

La formation de larves monstrueuses est très fréquente sur l'*Ascidiella aspersa* comme sur la plupart des Ascidies. L'existence d'œufs à segmentation anormale a été signalée à diverses reprises par plusieurs auteurs, mais leur étude, qui ne promettait rien d'intéressant, a été négligée. Une circonstance imprévue m'a conduit à m'en occuper; j'avais étudié durant l'été de 1884 la segmentation normale et j'espérais achever mon travail durant les derniers mois de mon séjour à Concarneau, lorsque les matériaux d'étude me firent soudain défaut. Les Ascidies que je faisais draguer et que je draguais moi-même toujours dans les mêmes parages cessèrent en quelques jours de donner des pontes normales et ne pondirent plus que des œufs à segmentation monstrueuse. J'entrepris l'étude de ces œufs sans grand intérêt, mais elle fut plus féconde en résultats non seulement que je ne l'espérais mais encore que ne l'avaient été mes recherches sur la segmentation normale. Le sujet est en effet absolument neuf, non pas seulement dans la classe des Tuniciers mais je crois dans tout le règne animal car il n'existe (à l'exception peut-être du travail de Rauber sur la grenouille) aucun mémoire sur la segmentation monstrueuse. Les faits que j'ai été amené à envisager touchent quelquefois à de hautes questions d'embryologie ou d'anatomie comparée et les questions générales prenant nécessairement dans cette partie de mon travail une grande place, j'ai dû pour les mieux faire ressortir leur consacrer un chapitre spécial. Mon exposé tératologique comprend par suite deux parties; la première ne renferme que des faits généraux, la seconde est un recueil d'observations

et de pièces justificatives que j'ai abrégé le plus qu'il m'a été possible.

FAITS GÉNÉRAUX.

Définition des hémitéries. — On ne peut en général comparer les monstres soit entre eux soit avec les individus normaux qu'en les prenant à des âges exactement correspondants; il n'y a pas de rapprochement possible entre un développement qui s'arrête de très bonne heure, comme celui représenté figure 89, pl. XXI, et un développement qui va jusqu'à une formation larvaire comme celui représenté figure 76, pl. XX. Parmi les monstres d'Ascidie ceux qui vivent et se développent pendant au moins vingt-quatre heures, possèdent d'une manière générale les mêmes organes qu'une larve du même âge mais arrangés d'une autre manière, avec une autre forme, volume, etc. Si nous considérons un pareil monstre, chacune des altérations simples dont l'ensemble constitue sa monstruosité peut recevoir avec I. Geoffroy Saint-Hilaire le nom d'hémitérie (1). Ainsi la masse vivante représentée figure 110, pl. XXII, qui a l'âge et la complexité anatomique d'une larve, montre : 1° l'atrophie de la corde dorsale ; 2° l'éventrement ou la discontinuité de l'ectoderme; 3° l'absence de vésicule cérébrale; 4° la position superficielle de la tache pigmentaire ; 5° l'atrophie de l'archentéron etc., etc.; chacun de ces vices constitue une hémitérie, qui peut se trouver sur d'autres monstres *indépendamment de celles qui l'accompagnent ici*, comme on le verra en parcourant les figures de ce mémoire. Nous venons de prendre pour exemple une formation monstrueuse d'un âge relativement très avancé, adressons-nous à un stade plus jeune comme celui qui est représenté figure 58, pl. XX, vu par la face aborale. On voit immé diatement en rapprochant cet œuf, formé de huit cellules, de l'état normal correspondant (fig. 23, pl. XVIII), qu'il n'en diffère

(1) Le mot « hémitérie », qui signifie étymologiquement demi-monstruosité, est employé par I. Geoffroy Saint-Hilaire pour désigner une anomalie légère, comme un doigt surnuméraire, un dédoublement d'artère, etc. C'est dans ce sens que j'en fais usage. L'auteur de l'*Histoire des Anomalies de l'organisme* pense en outre que tous les animaux atteints d'une seule ou d'un petit nombre d'hémitéries forment un groupe naturel, une subdivision primaire des monstres. Je n'emploie pas le mot hémitérie dans ce second sens, qni est taxonomique.

qu'en ce que la cellule A a subi un déplacement qui la porte entre a et p. Ce déplacement qu'on pourrait croire insignifiant est une hémitérie toute aussi grave qu'aucune de celles que nous avons cités dans l'embryon précédent comme le prouve la suite du développement. Ces deux exemples suffisent pour le présent à faire comprendre ce qu'est une hémitérie; c'est l'anomalie la plus simple qui puisse à chaque stade de l'évolution, concourir d'une manière indépendante à la formation d'une monstruosité. L'hémitérie est un état anatomique souvent peu différent de l'état normal et présentant avec les autres hémitéries, soit simultanées, soit antérieures ou postérieures, ainsi qu'avec les causes externes, le milieu ambiant et la qualité des parents des relations constantes dont l'étude forme l'objet de la tératologie.

Des processus hémitériques. — Chaque hémitérie constitue une espèce anatomique déterminée, mais si on compare entre elles différentes hémitéries, on reconnaît qu'elles ont des analogies remarquables. Ainsi, l'existence d'un doigt surnuméraire est une anomalie qui, quelle qu'en soit la cause, se rapproche naturellement des côtes surnuméraires, des dents surnuméraires, etc. Il y a là un processus général que I. Geoffroy Saint-Hilaire a justement qualifié de répétition d'organes en série. A côté de la *répétition*, il existe de même des hémitéries par *soudure*, par *atrophie*, par *non soudure*, par *division*, par *ectopie*, etc. Le nombre de ces processus est au total fort limité et chose remarquable, ils ne sont pas autre chose que des processus parfaitement normaux en d'autres circonstances. Les exemples de processus que je viens de citer ont trait à des hémitéries dont la première apparition est un phénomène relativement tardif; ce sont les seules qui aient été jusqu'à présent connues, mais nous allons voir, qu'à la période de segmentation, il existe d'autres hémitéries qui se rapportent à des processus nouveaux en nombre également assez restreint. Chaque cellule de segmentation prise à part est, en effet, susceptible de différentes modalités anormales dont sept seulement sont fréquentes et constituent tout le fond de la tératologie de la segmentation chez l'*A. aspersa*. Ces sept processus sont : 1° la déviation d'un plan de segmentation; 2° le retard de segmenta-

tion; 3° la segmentation bornée au noyau; 4° l'absence de segmentation; 5° la soudure des cellules; 6° la migration anormale des cellules; 7° la mort d'une partie des cellules. Quelques-unes de ces anomalies peuvent coexister sur le même individu soit qu'elles frappent des cellules différentes, soit qu'elles s'additionnent sur une seule; cependant dans de nombreux cas elles éclatent isolément. Chose remarquable ces processus qui sont tératologiques chez l'Ascidie, sont parfaitement normaux dans d'autres circonstances et se retrouvent dans l'évolution régulière d'autres espèces, comme je le montrerai en traitant de chacun d'eux. Si nous rapprochons ce fait de ce qui vient d'être dit des processus tératologiques tardifs, anciennement connus, on voit que toutes les hémitéries, à quelque époque de l'évolution qu'elles apparaissent sont dues à un processus qui peut être normal au même stade chez d'autres animaux. On s'élève ainsi à la notion de processus formateurs très généraux, qui ne sont en soi ni normaux ni anormaux et auxquels sont dus tous les êtres. J'aborde à présent la description particulière des sept processus auxquels se rapportent toutes les hémitéries qui affectent l'œuf de l'*A. aspersa* durant la segmentation.

1. Déviation d'un plan de segmentation. — Dans un œuf dont la division n'a jusque-là présenté rien d'anormal, un blastomère au lieu de se diviser par un plan présentant l'orientation ordinaire, se divise suivant une autre direction. La déviation de la facette de segmentation est faible ou forte, mais elle n'est cependant pas abandonnée au hasard. Les choses se passent comme si la facette avait seulement la liberté de tourner sur elle-même d'un certain angle. La déviation s'effectue par suite, pour chaque espèce de facette, suivant certains types que je ferai connaître plus loin, mais il importe de remarquer que les œufs d'*A. aspersa*, dont les facettes de segmentation sont ainsi déviées, peuvent reproduire des modes de segmentation appartenant à des espèces d'animaux fort éloignées. La segmentation deviée peut frapper une ou plusieurs cellules et souvent elle se répète symétriquement à droite et à gauche, elle peut également survenir à n'importe quel stade de l'évolution. Lorsqu'une facette a été ainsi déviée, les deux cellules qu'elle sépare n'ont plus avec leurs voisines les rapports normaux et lorsqu'elles se seg-

mentent à leur tour, les nouvelles facettes sont mal orientées, soit qu'on les considère par rapport à l'individu total, soit qu'on les considère seulement par rapport à la facette précédemment déviée. La suite de l'évolution est donc directement troublée pour tout le groupe des cellules issues d'une initiale anormale et ce trouble finit par retentir secondairement sur les autres cellules elles-mêmes.

Au lieu d'une déviation angulaire, la facette peut subir un déplacement parallèle, ce qui ne constitue pas un cas distinct; les rapports normaux de grosseur des éléments sont alors altérés. Par exemple, le stade IV est normalement constitué chez l'*A. aspersa* par quatre cellules égales, mais si les facettes frontales se déplacent parallèlement à elles-mêmes, les cellules antérieures A et a pourront être plus grosses que les postérieures, ce qui est assez fréquent (fig. 81, pl. XXI), tandis que l'inverse est extrêmement rare. Toutes ces déviations des facettes de segmentation peuvent, comme je l'ai dit, constituer l'état normal d'autres espèces, par exemple, chez la Clavelline, les cellules antérieures du stade IV sont normalement plus grosses que les postérieures. La déviation normale des facettes méridiennes de l'*A. aspersa* que j'ai signalé au stade XVI n'est de même qu'une déviation d'un type plus régulier réalisé chez l'Amphioxus, certains Bryozoaires, etc., conformément aux schémas donnés dans la première partie de ce mémoire. Il ne faut pas d'après cela imaginer qu'en réunissant toutes les variétés de position normale d'une même facette de segmentation sur différentes espèces, on obtienne précisément toutes les variétés tératologiques de cette facette; les variations anormales sont les plus nombreuses et l'état tératologique comprend comme cas particulier l'état normal, tandis que l'inverse n'est nullement vrai. Je montrerai dans la quatrième partie de ce mémoire, qu'en dehors des variations *spontanées* dans l'orientation des facettes de segmentation, l'expérimentation peut en provoquer d'autres soumises à des lois d'une constance et d'une simplicité remarquables du moins sur l'espèce que j'étudie.

2. Segmentation retardée. — Il arrive parfois qu'une cellule ne se segmente pas en temps voulu, les autres continuant cependant leur évolution normale. Ce n'est là qu'un retard, car au

bout de quelques instants la cellule non segmentée se divise à son tour. Cette anomalie n'est qu'une exagération de cette variabilité dans l'ordre d'apparition des facettes, dont j'ai parlé dans l'embryologie normale. Le même fait se retrouve également en comparant les uns aux autres des animaux d'espèce différente. La constatation du retard de segmentation qui paraît au premier abord chose facile est, au contraire, souvent incertaine parce que les noyaux des cellules étant peu visibles, on peut toujours craindre d'être en présence d'une segmentation bornée au noyau.

3. Segmentation bornée au noyau. — Elle se présente sous deux aspects assez différents. Dans le premier cas, que j'appelle pour le distinguer *segmentation impuissante*, une cellule se divise d'une manière normale (fig. 90, pl. IXX), mais les deux corps cellulaires auxquels elle a donné naissance se soudent peu à peu en un seul, les noyaux restant distincts (fig. 96, pl. XXI). Une observation attentive montre que la division du cytoplasme n'avait pas en réalité été complète et qu'il demeurait, entre les deux cellules filles, un petit isthme de sarcode que les forces segmentaires ont été impuissantes à diviser (fig. 91, pl. XXI). La soudure a lieu par l'élargissement graduel de cet isthme. Sous son second aspect la segmentation bornée au noyau ne diffère de la segmentation impuissante que par le degré beaucoup plus faible de la division du cytoplasme; celle-ci peut en effet s'arrêter à un état tel que celui qui est representé figure 96, planche XXI, et rétrograder; elle peut être plus faible encore et se borner à produire de simples mamelons à la surface générale de la cellule.

Les cellules polynucléaires qui proviennent de ces processus se comportent dans la suite comme des cellules normales, leurs noyaux se multiplient à l'intérieur et déterminent ultérieurement et au temps voulu l'apparition dans le cytoplasme de nouveaux plans de segmentation qui peuvent être bien orientés et persister, mais peuvent aussi s'effacer en totalité ou en partie. Dans les cas les plus heureux, les facettes de division apparues en dernier lieu persistent, et il n'en manque finalement à l'œuf segmenté que quelques-unes. S'il y a des complications, les plans qui séparent les cellules ne sont pas orientés normalement, mais il est à remarquer que leur déviation n'est pas abandonnée

au hasard. L'irrégularité d'orientation oscille dans les mêmes limites que pour la simple déviation des facettes de segmentation et les œufs à cellules polynucléées reproduisent des types déjà connus. Les deux processus tératologiques — déviation du plan de segmentation et segmentation bornée au noyau — peuvent donc, dans une large mesure, se superposer et se mélanger sans se confondre. Le plus souvent l'impuissance survient au stade II et la segmentation bornée au noyau proprement dite, appartient aux autres stades. Dans le premier cas, les cellules à double noyau sont divisées symétriquement par le plan médian (fig. 92 et suivantes, pl. XXI); dans le second cas, les cellules polynucléées peuvent se répéter symétriquement à droite et à gauche, mais peuvent aussi être asymétriques. Je n'ai pas réussi à provoquer expérimentalement chez l'*A. aspersa* la segmentation bornée au noyau, mais je l'ai obtenue sur les œufs d'oursin par la pratique de certains traumatismes. Je reviendrai sur cet intéressant phénomène et je le décrirai plus en détail dans le chapitre consacré aux observations.

4. Segmentation nulle. — Je n'ai vu qu'un petit nombre de fois l'arrêt de segmentation porter à la fois sur le corps d'une cellule et sur le noyau. La difficulté de voir les noyaux de l'*A. aspersa* (sans tuer l'animal) rend souvent incertaine la distinction entre la segmentation bornée au noyau et l'absence de toute segmentation. Dans le cas de segmentation nulle de certains blastomères la partie du vitellus qui se segmente forme par son développement une masse qui n'est comparable qu'à une fraction de l'individu total, mais ces monstres *fractions d'individu* diffèrent de ceux dont je parlerai plus loin en ce que la partie non segmentée du vitellus demeure vivante.

5. Soudure des cellules. — Cet accident consiste dans la soudure de cellules voisines ordinairement depuis longtemps individualisées. Le fusionnement ne porte que sur le cytoplasme et détermine comme l'un des processus précédents la formation de cellules polynucléées; les conséquences m'ont paru être les mêmes que celles de la segmentation bornée au noyau, mais c'est un phénomène plus rare.

6. Migration anormale des cellules. — Nous avons vu dans

l'embryologie normale, que des cellules, d'ailleurs exemptes de toute anomalie, pouvaient durant l'intervalle qui sépare deux segmentations, modifier la place qu'elles occupent au moment de leur formation. J'ai fait connaître un exemple de ce glissement survenant au stade IV et parfaitement compatible avec la bonne conformation de la larve. A des stades plus avancés, des glissements également normaux mais plus importants affectent des groupes entiers de cellules et prennent, selon le cas, les noms d'invagination, plicature, étranglement, etc. Les rapports définitifs des organes se créent peu à peu par ces mouvements graduels dont chacun suit une voie et une loi déterminées. Ces migrations de cellules soit isolées, soit groupées, peuvent dans certains cas, s'effectuer d'une manière anormale et donner naissance à des monstruosités. La raison de ce fait, comme des autres processus tératologiques échappe le plus souvent, mais le trouble reconnaît parfois manifestement pour point de départ une autre anomalie antérieure comme un arrêt de segmentation, la mort de certaines cellules, etc. J'ai été amené par là à la reproduction expérimentale de ces glissements et j'en vais citer un exemple. Lorsqu'on détruit au stade II l'une des cellules de l'œuf (ou lorsqu'elle meurt spontanément) le plan suivant de segmentation ou plan frontal ne s'en produit pas moins régulièrement sur la cellule survivante et la divise en deux sphères comme le montre la figure 128, pl. XXII. Au stade suivant (qui correspond à un stade VIII, bien qu'il ne compte que quatre cellules), les deux cellules se divisent à leur tour dichotomiquement par un plan équatorial, et les quatre éléments affectent au moment de leur individualisation les mêmes rapports que si la seconde moitié de l'œuf était vivante et segmentée. La figure 105, pl. XXI donne une idée suffisante de cet état; mais les cellules ne conservent pas longtemps leur bonne situation originelle, et, ne pouvant s'appuyer contre le vitellus frappé de mort, elles cherchent et trouvent une autre situation d'équilibre. Pour cela elles s'agencent en croix dans deux plans différents, de telle sorte que leurs centres forment les quatre sommets d'un tétraèdre (fig. 125, pl. XXII). Les deux cellules ectodermiques a et p étant supposées immobiles les deux endodermiques glissent sans s'abandonner entre elles et se placent dans le sillon a p. Dans ce mouvement P se reporte en dedans vers le

plan médian et A au dehors. J'ai toujours vu le glissement s'effectuer dans le même sens. Pour la commodité de la description j'ai supposé a et p immobiles, mais si on prend pour point de repaire le vitellus mort on reconnait ordinairement que le mouvement des quatre cellules est réciproque. Le glissement que je viens de décrire est une suite très ordinaire, mais non pas absolument nécessaire de la destruction d'une cellule au stade II; s'il vient cependant à manquer au stade IV il ne manque pas de se produire plus tard. Tardif ou précoce le glissement est inévitable parce que les cellules qui forment la moitié d'un œuf ne constituent pas un échafaudage stable, par lui-même, indépendamment de l'appui de l'autre moitié. Cet appui venant à faire défaut il est nécessaire que les cellules cherchent et gardent un autre agencement. On produit des faits analogues et on arrive aux mêmes conclusions, en détruisant directement d'un seul coup, au stade VIII, toutes les cellules qui forment un côté du corps, les autres prennent aussitôt de nouvelles situations d'équilibre.

Le glissement de cellules isolées ne joue qu'un faible rôle dans l'embryologie normale de l'*A. aspersa*, mais il intervient d'une manière importante chez les Mollusques, Turbellariés, etc. Chez ces animaux dès le début de la segmentation chaque nouveau clivage s'accompagne du glissement et du déplacement des cellules antérieurement produites.

Les glissements normaux et tératologiques reconnaissent les mêmes causes immédiates. Ils sont sous la dépendance : 1° de l'adhésion réciproque des cellules, qui est telle, au début de l'évolution, que l'ensemble de la masse tend vers la forme globuleuse ; 2° de la mollesse et de l'indépendance des cellules, qui leur permettent de glisser les unes sur les autres et de prendre diverses formes. On aura une juste idée de ces phénomènes en les comparant à ce qui se passe entre les bulles d'air qui nagent à la surface d'une eau savonneuse. Ces bulles d'air prennent par le repos une certaine position d'équilibre, mais si on produit par insufflation d'air dans le liquide une nouvelle vésicule, celle-ci dérange toutes les autres pour se faire une place. L'équilibre des bulles s'étant rétabli, on constate que les rapports réciproques d'un plus ou moins grand nombre d'entre elles ont été altérés et que les bulles les plus dérangées sont, en général, les plus voisines de la nouvelle intruse. Les choses se

passent d'une manière analogue dans toute segmentation; les cellules représentent les bulles de savon, elles peuvent comme celles-ci *glisser* et *se déformer* et sont comme elles soumises à une *cohésion réciproque,* il en résulte que chaque cellule nouvelle arrivée dérange plus ou moins les rapports des autres.

Les glissements anormaux des cellules témoignent encore d'une autre manière de leur cohésion réciproque. Il existe en effet, certains groupes très cohérents qui se déplacent le plus souvent sinon toujours en totalité. Ainsi, les cellules de la corde dorsale ont entre elles une telle adhérence qu'elles sont toujours unies sous forme de corde, lors même que les forces tératogéniques imposent à la corde les formes les plus tourmentées, et même si elle doit se développer en dehors du corps comme le montre la figure 118, pl. XXII. L'ectoderme considéré dans son ensemble forme également un groupe de cellules très cohérent et le nombre des monstres dans lesquels il est discontinu et laisse à nu les organes profonds est fort restreint (voyez pourtant fig. 109, 110 et 118, pl. XXII). Dans ces cas eux-mêmes l'éventrement de l'ectoderme a lieu en un point unique. J'aurai occasion de revenir sur la migration des cellules et je termine ces généralités en faisant remarquer que comme les autres processus elle peut survenir à n'importe quel stade et se répéter ou non symétriquement à droite et à gauche.

7. Mort des cellules. — Dans les six cas qui précèdent la totalité de l'œuf si elle ne se segmente pas est du moins vivante, dans celui qui nous reste à considérer une ou plusieurs cellules meurent tandis que les autres continuent leur évolution. Le sphacèle partiel survient le plus souvent d'une manière précoce; ainsi au stade II l'une des sphères peut devenir granuleuse et mourir; au stade IV il peut périr un à trois éléments et au stade VIII davantage encore. Chaque œuf n'est ordinairement atteint par le processus qu'une seule fois à un stade déterminé et les cellules survivantes continuent leur évolution en sécurité. Celles-ci se multiplient d'abord d'une manière régulière, mais les plans de segmentation finissent par se dévier et d'autres processus tératologiques se mêlent aux précédents. L'ensemble des cellules vivantes n'est en tout cas comparable morphologiquement qu'à une *fraction* de l'individu total né d'un œuf ordi-

naire. Le sphacèle des blastomères est de tous les processus que je viens de décrire le seul qui me paraisse d'ordre absolument et nécessairement tératologique, car je ne connais pas d'embryologie normale dans laquelle la mort de certaines cellules de l'œuf joue un rôle. J'ai fait connaître longuement dans la première partie de ce mémoire les moyens employés pour reproduire artificiellement les monstres *fractions d'individus.*

Relations entre les sept processus hémitériques. — Les sept anomalies cellulaires que je viens de passer en revue constituent les cas les plus fréquents de la pathologie de l'embryon et peuvent soit s'isoler, ce qui est rare, soit se mélanger en différentes proportions. Elles peuvent en outre, comme je l'ai dit pour chacune d'elles, atteindre une ou plusieurs cellules et débuter à un stade ou à un autre : de la combinaison multiple de tous ces éléments résulte l'admirable et infinie variété des monstres. Mais ces anomalies n'ont pas seulement entre elles les relations de coexistence et d'enchaînement sur lesquelles je reviendrai, elles ont encore considérées en elles-mêmes une parenté plus intime car elles ne paraissent être, dans les cellules qui les subissent, que les diverses modalités d'un même état maladif. En effet le retard de la segmentation, la segmentation bornée au noyau, ou le défaut de segmentation passeront facilement pour des degrés divers d'une même affection dont la mort même n'est qu'une expression plus forte. Ce qui constitue un lien plus étroit encore entre ces anomalies est le fait que j'ai pu les provoquer toutes soit sur les œufs d'*A. aspersa* soit sur les œufs d'Oursin, par l'action d'une même cause — le traumatisme. Sur les Ascidies la piqûre d'une cellule entraîne immédiatement sa mort, mais les autres traumatismes, la compression, le pétrissage de l'œuf tel que celui qui résulte de son passage dans un tube trop étroit, peuvent engendrer diverses hémiteries et produire des monstres dont je ne parle pas dans ce travail.

Des hémitéries tardives. — Je n'ai parlé jusqu'ici que des hémitéries qui surviennent durant la segmentation. Lorsqu'un œuf a traversé cette période d'une manière normale et qu'il est arrivé au stade de gastrula ou de jeune larve, il n'est cependant pas à l'abri de la monstruosité. Mais pour déterminer à un stade avancé de l'évolution une hémitérie *il faut la participation d'un*

plus grand nombre de cellules. Dans le cas représenté figure 27, pl. XVIII, il s'agit d'une corde dorsale qui devient sinueuse. La segmentation, la formation de la gastrula et les autres phases qui ont précédé celle qui est dessinée étaient normales. Le premier indice de la sinuosité de la corde apparut peu avant le stade représenté figure 27 sans que rien le fît prévoir. La figure 28, pl. XVIII montre quel en fut le résultat. Or une larve comme celle de la figure 28, peut, selon toutes les probabilités, donner naissance à une Ascidie bien conformée et on voit par là que la monstruosité peut se corriger et disparaître d'elle-même.

Hémitéries non visibles. — Il est toujours délicat de parler des choses qu'on ne voit pas, mais l'anatomie pas plus que les autres sciences ne peut échapper aux hypothèses. Je montrerai plus loin sur quels fondements je m'appuie pour affirmer l'existence d'hémitéries non visibles. Ces hémitéries ont leur siège dans la structure intime des cellules qui peut être normale ou anormale, ce qu'il ne faut jamais perdre de vue dans l'interprétation des phénomènes tératologiques. Dans les alinéas qui suivent je ne parle que des hémitéries visibles auxquelles se rapportent également les descriptions et définitions qui précèdent. J'ai toujours soin lorsque je parle des hémiteries non visibles de le déclarer expressément.

Liste des hémitéries de chaque stade. — Il est évident que chaque âge ou stade a des hémitéries qui lui sont propres. Il ne saurait en effet être question d'une anomalie de la corde au stade VIII alors qu'elle n'existe pas, ni après la période larvaire alors qu'elle a disparu. Les hémitéries d'un stade particulier, par exemple du stade VIII, sont toutes les anomalies *simples* dont ce stade peut être affecté. Ainsi, l'individu représenté figure 54, planche XX, présente deux hémitéries qui sont la position anormale des cellules A et *A*. Ce sont là deux hémitéries distinctes car le déplacement de A pourrait exister d'une manière indépendante comme le montre la figure 58, planche XX. Il est toujours possible de dresser la liste des hémitéries d'un stade ; par exemple si la corde dorsale existe à ce stade elle peut : 1° être formée de cellules dissociées (fig. 119, pl. XXII) ; 2° être contenue tout entière dans le tronc (fig. 45, pl. XIX) ; 3° être atrophiée (fig. 110, pl. XXII) ; 4° être dédoublée ou bifurquée (fig. 29 et 36, pl. XIX) ;

5° être contournée en zigzag (fig. 28, pl. XVIII), etc. Cette liste est loin d'être complète et on peut à l'aide de mes figures en dresser de semblables pour les autres organes. Dans les alinéas qui suivent je suppose que les listes des hémitéries propres à chaque stade ont été dressées.

NOMBRE DES MONSTRES MONOHÉMITÉRIQUES. — Lorsqu'un monstre ne présente à un stade déterminé qu'une seule hémitérie il est, à ce stade, monohémitérique. Admettons qu'il s'agisse du stade II et qu'il existe, à ce stade, cinq processus hémitériques pouvant frapper l'une ou l'autre cellule, on compte par suite à ce stade dix espèces de monstres monohémitériques, dont chacune diffère d'une autre soit par la nature du processus tératologique soit par le choix de la cellule frappée. Au stade VIII il y aurait de même $5 \times 8 = 40$ espèces monohémitériques (1). L'observation montre qu'au delà des premiers stades le nombre des espèces ne va pas en croissant avec la multiplication cellulaire. Il arrive en effet un instant où par suite de leur nombre même les cellules ont perdu l'importance qui s'attachait primitivement à chacune d'elles. A un stade avancé d'évolution comme celui représenté figure 122, pl. XXII, la mort d'une ou deux cellules apporte à peine un trouble à la larve alors qu'au stade XVI elle détermine fatalement un monstre. Il y a à ce fait une double raison : la première est qu'à un stade avancé une cellule n'est plus unique de son espèce, elle est accompagnée d'un grand nombre qui peuvent remplir les mêmes fonctions qu'elle, la seconde raison est que les autres cellules se multiplient et réparent la perte. Dans ces cas, la mort d'une cellule est une anomalie en soi petite et d'ailleurs réparable, on voit donc qu'à tout âge, pour qu'il y ait hémitérie, *il faut qu'une portion notable de l'individu soit atteinte.* C'est à l'observation de faire connaître quel est, pour chaque feuillet blastodermique et pour chaque rudiment d'organe chez une espèce donnée, le nombre minimum de cellules qui doivent participer au trouble pour que celui-ci mérite, par son importance, le nom d'hémitérie. Les expériences que j'ai faites m'ont montré que chez l'*A. aspersa* la lésion d'une seule cellule jus-

(1) Il ne faut pas confondre le nombre des espèces monohémitériques avec le nombre des espèces polyhémitériques, c'est-à-dire avec le nombre total des monstruosités. Celles-ci sont naturellement beaucoup plus nombreuses puisqu'elles résultent de toutes les combinaisons possibles de plusieurs hémitéries.

qu'au stade XVI (et vraisemblablement XXXII), *constitue toujours* une hémitérie.

Hémitéries naturelles et artificielles. — J'appelle hémitérie naturelle celle qui est apparue spontanément, ou qui, de stade en stade remonte à une première hémitérie spontanée. Par opposition j'appelle hémitérie artificielle celle qui résulte de manœuvres expérimentales exécutées sur l'œuf. Les hémitéries naturelles et artificielles forment deux séries distinctes dans chacune desquelles il y a à distinguer l'anomalie primitive et l'anomalie secondaire. En ce qui concerne les hémitéries artificielles j'ai fait connaître dans la première partie de ce mémoire le moyen de produire à volonté la mort d'une cellule, je montrerai plus loin quelle ressemblance existe entre les résultats de cette expérience et ceux que détermine la mort spontanée de la même cellule. J'ai réussi également à provoquer d'autres hémitéries artificielles analogues aux spontanées et, en choisissant des œufs appartenant à des espèces convenables, je puis dire que les sept hémitéries spontanées propres à la période de segmentation peuvent être imitées. Les progrès de l'expérimentation permettront sans doute de reproduire également les anomalies dont l'apparition est plus tardive, ainsi on pourra suppléer aux ectopies naturelles par des luxations, aux soudures spontanées par des greffes, etc. Quel que soit le succès à obtenir dans cette voie, et, fût-il plus grand encore que je n'imagine, il est cependant peu probable que l'expérimentation puisse imiter directement de toutes pièces chaque hémitérie naturelle; inversement les ressources de la nature ne produiront pas toutes les hémitéries que peut provoquer l'expérimentateur. Les monstruosités naturelles et artificielles *forment donc deux séries distinctes* dans lesquelles il y a seulement un certain nombre de termes semblables ou peut-être identiques.

Hémitéries primitives et consécutives. — L'hémitérie primitive est celle qui n'est déterminée par aucune anomalie antérieure *visible*. Telles sont ordinairement celles qui surviennent durant la période de segmentation et qui appartiennent à l'un des sept processus que j'ai décrits. Des hémitéries primitives peuvent apparaître à des stades beaucoup plus avancés, elles se rapportent alors à d'autres processus tels que soudure, atrophie,

ectopie et portent sur les groupes cellulaires complexes dits organes.

Une hémitérie consécutive est celle qui résulte d'une anomalie antérieure. J'en cite dans mes observations de nombreux cas, notamment en ce qui touche la migration anormale et la segmentation anormale déterminées par le sphacèle de certains blastomères. Cette distinction des hémitéries en primitives et consécutives s'applique aussi bien aux naturelles qu'aux expérimentales. Dans ce dernier cas l'hémitérie primitive est celle qui est créée de toutes pièces par l'intervention de l'opérateur, les hémitéries consécutives sont celles qui en résultent.

Toute anomalie *remonte en définitive à des causes externes*. Cela est évident pour les hémitéries consécutives artificielles car celles-ci remontent à l'intervention de l'expérimentateur, mais pour les hémitéries d'apparence spontanée je montrerai qu'elles prennent leur cause dans une structure anormale de l'œuf laquelle est, en dernière analyse, déterminée par des causes externes ayant agi sur les parents. Les hémitéries consécutives ont avec les primitives des rapports constants qui permettent de les prédire à l'avance. Ainsi la déviation des plans de segmentation causée par le sphacèle de blastomères déterminés est toujours la même, comme je le montrerai plus loin. En outre cette déviation est la même, quelle que soit la cause du sphacèle, c'est-à-dire qu'il soit spontané ou provoqué, par où l'on voit que les hémitéries artificiellement réalisées ont les mêmes suites que celles qui naissent d'une autre manière. C'est sur cette propriété importante que repose la possibilité de fabriquer des monstres plus ou moins semblables aux monstres naturels. Si la cause qui engendre un monstre naturel agit à plusieurs reprises pendant l'évolution de ce monstre il est pour ainsi dire impossible de l'imiter, mais l'observation démontre que certaines monstruosités naturelles ont pour point de départ un fait anatomique initial unique dont tous les autres ne sont que la conséquence, dès lors il suffit de produire par un moyen quelconque le même fait anatomique initial et il développera la même série de conséquences. C'est ce que j'ai reconnu pour tous les monstres par sphacèle. La possibilité de les reproduire expérimentalement résulte de ce que la cause tératologique n'agit qu'une seule fois, au moment même du sphacèle, et que tous les autres phénomènes sont la consé-

quence de cette première anomalie. En est-il de même de tous les monstres? Cela est peu probable, il en est vraisemblablement dans lesquels il existe plusieurs chaînes d'hémitéries c'est-à-dire dans lesquels les faits anatomiques initiaux sont multiples et la reproduction expérimentale de ces monstres sera beaucoup plus difficile. Ce sont là des questions qu'on ne pourra traiter expérimentalement que lorsqu'on sera en mesure de produire artificiellement toutes les hémitéries primitives.

CAUSES DE LA MONSTRUOSITÉ SPONTANÉE. — Je veux montrer dans ce paragraphe : 1° qu'il existe des œufs d'*A. aspersa* mal conformés qui, placés dans les meilleures conditions d'élevage possible, ne donnent que des monstres ; 2° que la faculté de produire de pareils œufs est dévolue dans l'espèce seulement à certains individus pour lesquels j'emploierai la désignation de *parents monstripares*. Ces deux propositions ont entre elles des liens étroits et s'appuient sur les mêmes preuves. Je cherche à les établir pour les Ascidies mais je les crois également vraies pour d'autres espèces d'animaux.

Les pontes d'*A. aspersa* ne se ressemblent pas toutes ; il y en a qui ne renferment que des œufs à développement normal, il en est d'autres qui présentent un mélange d'œufs à segmentation normale et à segmentation monstrueuse. Parmi ces dernières pontes chacune n'offre souvent qu'un ou deux des processus hémitériques que j'ai décrits et ordinairement un des processus domine et frappe un bien plus grand nombre d'œufs. Telle Ascidie, par exemple donne des œufs à segmentation impuissante et tel autre des monstres par sphacèle. Bien plus chaque processus a tendance à se présenter avec une modalité spéciale dans chaque ponte ; un détail insignifiant de la forme ou de la grosseur d'une cellule peut être commun à un grand nombre d'œufs issus d'un même parent et on le cherche en vain ailleurs. Les œufs d'une même ponte forment donc, au point de vue tératologique, une véritable famille qui tire de la fréquence de telle ou telle anomalie une marque distinctive. Je ne dis pas que tous les œufs d'un même parent se ressemblent, mais il y a parmi eux des groupes d'individus semblables qui ont tous la même histoire embryologique et subissent les mêmes anomalies. Ces œufs véritables frères jumeaux ont donc hérité en commun d'une certaine

structure. Tel parent âgé est incapable d'engendrer un seul œuf normal (ce qui se voit dans les pontes d'automne) et ce sont évidemment les vitellus qui sont altérés, car les procédés de culture n'ont pas varié et les œufs de telle autre Ascidie élevés dans le même vase et dans la même eau donnent des larves normales. J'ai souvent éprouvé que les Ascidies tenues en captivité produisaient plus de monstres que celles apportées de la mer et quelquefois, à un aspect flasque et malpropre, je reconnais les parents monstripares. Tous ces faits démontrent ma proposition; les œufs ne se ressemblent pas, car dans une même ponte et dans des conditions d'élevage *forcément les mêmes* les uns se segmentent normalement et les autres anormalement; les parents ne se ressemblent pas, car les uns produisent des monstres et les autres n'en donnent pas et parmi les premiers les uns engendrent certains monstres et les autres des monstres différents.

Je n'insisterai pas davantage sur ces faits, si depuis que les tératologistes ont trouvé des moyens de produire des monstres avec n'importe quels œufs et par conséquent avec des œufs normaux (ce que je fais moi-même pour les Ascidies) quelques personnes ne paraissaient avoir pour la vieille théorie de la monstruosité des germes une répulsion que rien ne justifie. Je reconnais moi-même que sur les Ascidies la mort provoquée d'une cellule donne naissance aux mêmes monstres que la mort spontanée de la même cellule, mais l'identité des effets ne témoigne nullement de l'identité des causes. La ressemblance des monstres artificiels et des monstres naturels démontre seulement qu'il existe des successions de faits et d'états anatomiques qui s'appellent comme les anneaux d'une chaîne et ne sont que la conséquence les uns des autres et de la première anomalie introduite. La tératologie expérimentale, *s'adressant à des œufs normaux* permet d'étudier ces enchaînements anatomiques mais elle reste muette touchant la cause première. Ce n'est pas à dire que la nature n'agisse jamais, comme l'expérimentateur, par des causes externes tardives. S'agit-il de déterminer la mort d'un blastomère d'Ascidie, il ne manque pas de fins stylets qui pourront, dans la mer, remplacer l'aiguillon dont je me sers. Des nématocystes pourront sans doute détruire un blastomère, mais si cela est possible, l'observation montre que cela est au moins fort rare, car j'ai vu périr spontanément un grand nombre de

blastomères et ils meurent en dehors des atteintes de tout corps étranger, nématocyste ou autre. J'admets cependant la réalité des causes externes tardives dont l'intervention fortuite trouble une évolution qui eût sans cela été normale, mais les monstruosités qu'elles déterminent sont pour moi artificielles. On sait par exemple que le retournement des œufs de poule est nécessaire à leur bon développement; que cette précaution soit négligée par la poule couveuse ou par un expérimentateur le résultat est le même et les monstres qui naîtront méritent au même titre l'appellation d'artificiels, parce que les probabilités sont que les œufs dont ils sont éclos étaient bien conformés et que soumis à une couvaison bien conduite ils auraient donné des poussins normaux. Je n'appelle monstres naturels que ceux qui sortent d'œufs élevés dans de bonnes conditions, l'anormalité de ces œufs est alors prouvée par l'événement même et comme je l'ai dit ces œufs proviennent toujours de parents monstripares bien déterminés.

Je pourrai appeler à l'appui de la doctrine de la monstruosité du germe de nombreux faits empruntés à d'autres animaux. Tout d'abord la monstruosité est dans un grand nombre de cas héréditaire, mais lors même qu'elle apparaît à l'état sporadique l'observation montre que les parents en apparence bien conformés sont en réalité de véritables monstripares, capables de produire plusieurs monstres semblables (mêlés ou non d'individus normaux). L'histoire du nanisme, du gigantisme, de l'albinisme en présente chez l'homme de nombreux exemples. Des faits analogues se retrouvent chez les animaux, ainsi des chiennes en apparence bien conformées ont fait plusieurs portées d'Ectromèles, c'est-à-dire de monstres privés de pattes. La truite ordinaire ne produit jamais de monstres doubles, il arriva cependant une année où il s'en produisit plusieurs dans les aquarium du Collège de France et on reconnut que tous ces monstres provenaient de la même ponte. Lereboullet rapporte des faits analogues touchant le brochet et déclare que « la cause primitive de la monstruosité est inhérente à la constitution primordiale de l'œuf et ne dépend en aucune façon des conditions extérieures. » Je ne connais pas d'expériences instituées dans le but de produire des monstres en agissant sur les parents mais c'est là la voie à suivre pour imiter la nature. Du reste à défaut

d'expériences, l'observation ne nous laisse pas sans renseignements sur les causes de la monstriparité. Les statistiques montrent que dans l'espèce humaine l'âge a une influence marquée sur les qualités des germes. Cette même cause agit avec non moins d'évidence sur les Ascidies et les pontes qui proviennent d'individus en pleine maturité sexuelle (c'est-à-dire les pontes d'été) renferment beaucoup moins de monstres que les pontes des individus âgés qu'on recueille en automne. Cette influence de l'âge est la même qui fait que les vieilles Reines (chez les Abeilles) ne pondent que des Faux-bourdons; c'est encore elle qu'on retrouve dans les pontes des Sacculines qui, d'après Y. Delage, ne contiennent que des mâles lorsque les parents sont âgés. J'ai déjà cité le cas plus analogue de chiennes vieilles qui ont donné plusieurs portées de monstres ectromèles alors que leurs gestations antérieures ne contenaient que des individus normaux. En dehors de l'âge une cause non moins fréquente de monstriparité se trouve dans une certaine tare héréditaire; je fais allusion à ces faits bien connus, dont l'histoire de la polydactylie offre tant d'exemples, faits dans lesquels on voit le père transmettre au fils une monstruosité dont lui-même est exempt mais dont le grand-père est porteur. La monstriparité est ici nettement distincte de la monstruosité et prend sa source dans l'hérédité. Un état fort analogue à la monstriparité paraît déterminé chez certaines femelles à la suite de la gestation d'un seul métis; on sait que certaines cavales perdent toutes leurs qualités après avoir été saillies par un animal d'autre race. Ces faits que rien ne paraît relier entre eux ont en réalité de profondes connexions et expriment que différentes causes peuvent influer sur la qualité du germe par l'intermédiaire des parents. La monstriparité et la monstruosité sont sans liens nécessaires car de même que les monstripares peuvent être bien conformés, de même les monstres peuvent n'enfanter que des individus normaux. La monstriparité ainsi conçue n'est pas autre chose que le pouvoir pour un parent d'engendrer un être qui ne lui ressemble pas, mais ce pouvoir existe normalement dans de nombreuses espèces et forme la base des phénomènes décrits comme génération alternante. Entre une génération alternante proprement dite et une polydactylie qui passe du grand-père au petit-fils sans atteindre le parent intermédiaire il ne paraît pas

y avoir d'autre différence que la périodicité plus ou moins régulière du phénomène.

J'ai invoqué jusqu'à présent deux causes de production de monstres : 1° l'état anormal du germe ; 2° l'intervention de causes externes durant l'évolution d'un germe bien conformé. Un hybride ne mérite aucunement l'appellation de monstre s'il est le produit de deux germes bien conformés et on sait que chaque espèce d'hybride a des caractères parfaitement constants et déterminés, mais il peut exister des hybrides monstrueux provenant de l'union de mauvais germes ou de germes bons mais troublés dans leur évolutton. Le cas le plus général du monstre est donc : le produit qui résulte de la fécondation d'un œuf anormal par un spermatozoïde anormal (appartenant à la même ou à une autre espèce) le tout formant un individu dont l'évolution est en outre troublée, à diverses reprises, par des causes externes. Ce cas général est important à bien saisir car il indique exactement la signification de chaque observation ou expérience qu'on peut faire sur les monstres et on n'est pas ainsi entraîné à exagérer l'importance de telle ou telle méthode tératogénique ce qu'ont fait quelques expérimentateurs qui, produisant des monstres par une intervention, sur des œufs normaux, postérieure à la fécondation, ont cru en cela contrefaire en tous points la nature, alors qu'ils ne faisaient (comme moi-même) qu'imiter son procédé le plus simple.

Du nombre des espèces monstrueuses. — La monstruosité, c'est-à-dire l'assemblage des hémitéries doit *à priori* présenter, à chaque stade de l'évolution, autant d'espèces distinctes que l'on peut imaginer de combinaisons différentes entre les hémitéries dont ce stade est susceptible. L'énumération et la distinction des hémitéries peuvent dans la pratique présenter des difficultés mais il suffit pour la justesse de la proposition qui précède et des développements qui vont suivre, qu'il soit possible de dresser certaines listes plus ou moins complètes des hémitéries de chaque stade et nous avons vu que cela était relativement facile pendant la période des premières segmentations. Ces listes étant faites, on peut toujours, par le calcul, déterminer le nombre de toutes les manières d'être possibles d'une espèce animale à un stade déterminé. Si on a égard au nombre déjà élevé en lui-même des hé-

mitéries qui peuvent frapper chaque partie du corps, on prévoit que celui de leurs combinaisons est immense. Théoriquement ce nombre est égal à celui des hémitéries élevé à une puissance dont l'indice est le nombre des régions qu'elles peuvent atteindre. Soit n le nombre des régions d'un animal susceptibles d'être affectées d'une manière indépendante et soit m le nombre des manières d'être ou affections de chaque région en y comprenant la manière normale, le nombre total des modalités possibles de l'être est m^n. Si nous considérons par exemple le stade VIII de l'*A. aspersa* et que nous admettions pour chacune des cellules de ce stade quatre manière d'être différentes, en y comprenant la normale (évaluation certainement inférieure à la réalité) on trouve pour le nombre des modalités de ce stade $4^8 = 65,536$ dont une seule est normale. Le nombre serait bien plus considérable si on considérait un stade plus avancé et un plus grand nombre d'hémitéries. La nature réalise-t-elle des formes aussi variées? je ne saurais l'affirmer, mais il faut remarquer que l'art peut en produire un grand nombre. La production expérimentale des sept processus tératogéniques qui frappent l'œuf durant les premiers stades n'a rien d'impossible et j'ai réussi par accident à les obtenir presque tous sur des œufs d'oursin; si j'étais en possession de les produire avec plus de précision je pourrais donc produire au stade VIII des formes bien plus nombreuses que ces 65,536. Demeurant sur le terrain des faits, je puis dès à présent produire à volonté au moins une hémitérie — celle qui résulte de la mort par piqûre; chaque cellule du stade VIII a donc, entre mes mains, deux manières d'être puisqu'elle peut être morte ou vivante cela me conduit à la production de $2^8 = 256$ espèces distinctes. Retranchons le cas où toutes les cellules sont piquées et celui où toutes sont respectées, il reste 254 formes monstrueuses différentes, susceptibles de développement ultérieur. Mais je puis encore percer à volonté chaque cellule du stade XVI et même du stade XXXII, il en résulte d'autres monstres dont le nombre est pour le stade XVI de $2^{16} = 65,536$. Toutes ces formes, *initialement différentes*, constituent-elles réellement autant d'espèces distinctes? Mes expériences me permettent seulement d'affirmer que le nombre des espèces est extrêmement considérable. Sur l'*A. aspersa* en effet la différentiation des cellules est très précoce et il n'est jamais indifférent durant la seg-

mentation de blesser celle-ci ou celle-là. Au delà des premiers stades, au contraire, il y a des groupes cellulaires homogènes et la lésion d'une cellule d'un de ces groupes n'a pas un effet différent de la lésion d'une autre cellule du même groupe.

D'une manière générale chaque stade a des espèces monstrueuses d'autant plus nombreuses qu'il est plus avancé mais le nombre ne croît cependant pas au delà de toutes limites. En effet les hémitéries qui sont, selon l'expression de I. Geoffroy Saint-Hilaire, « les éléments de la monstruosité » ne vont pas en augmentant indéfiniment de nombre, comme je l'ai déjà noté : les monstruosités qui sont des assemblages d'hémitéries ne peuvent donc augmenter indéfiniment. Il y a d'ailleurs des anomalies incompatibles ce qui diminue d'autant le nombre de leurs combinaisons et en outre lorsque la monstruosité atteint un certain degré le monstre n'est plus viable et tout développement ultérieur est arrêté. Par exemple, si les hémitéries ont été de bonne heure réunies en grand nombre sur un œuf d'Ascidie, celui-ci ne dépasse pas l'état d'un môle sans organe semblable à ceux représentés figure 89 et 104, pl. XXI. Si un pareil môle qui n'est qu'un amas de cellule non différentiées, provient du développement d'une seule cellule du stade XVI, il sera le même quelle que soit la cellule initiale. La théorie semble indiquer, il est vrai, que les môles qui ne proviennent pas du développement d'une même cellule initiale ont des valeurs morphologiques différentes, mais, dans la pratique, il est impossible de les distinguer à raison de l'absence de caractères anatomiques propres.

Classification des monstres. — Malgré ces restrictions le nombre des modalités monstrueuses dont chaque stade est susceptible est immense et c'est sur elles que sont basées les considérations qui suivent. Je n'ai pas à rappeler la classification de I. Geoffroy Saint-Hilaire; le fondateur français de la tératologie n'avait pour ainsi dire vu que des vertébrés et la classification qu'il leur a imposée durera longtemps encore. Cette classification est entièrement basée sur l'état final des monstres et ne fait intervenir aucune donnée embryogénique ; je devais naturellement tenter de lui en substituer une autre qui tînt compte de la tératogénie. Les monstres d'*A. aspersa* se sont en effet présentés à moi dans de toutes autres conditions que les monstres décrits

par les autres observateurs, car à part une observation de monstre double que l'on doit à de Lacaze-Duthiers on a rarement *assisté* à la formation des monstres. J'étais donc placé dans les meilleures conditions pour tenter une classification puisque les monstres que je décris me sont connus dès leurs débuts, alors qu'ils ne sont encore composés que de peu de cellules, en apparence normales. Contrairement aux prévisions, l'observation m'a montré que la tératogénie loin de fournir une base à la taxonomie en démontre l'impossibilité. Cela résulte de la nature même de la monstruosité qui est un assemblage d'éléments susceptibles d'existence indépendante et de groupements divers. Pour de pareils objets il n'y a pas *une* classification *naturelle* mais *plusieurs* méthodes *naturelles*. Pour s'en rendre compte par un exemple bien simple qu'on prenne des dés à jouer dont les faces sont marquées de points en nombre variable de un à six et que sur chaque face de chaque dé on inscrive l'une des lettres *a* et *b* qui représenteront si on le veut l'état normal et un état pathologique de cette face; qu'on prenne tous les dés dissemblables ainsi préparés qui seront au nombre de $2^6 = 64$ et qu'on essaie de les classer d'une manière naturelle, on reconnaître bientôt l'inanité de la tentative. Il y a non pas un mais plusieurs classements naturels dont aucun n'est supérieur aux autres. Une classification unique n'est possible que pour des espèces dont les caractères ne s'associent pas de toutes les manières possibles, mais seulement d'un certain nombre de manières; ce qui revient à dire qu'une classification naturelle unique n'est possible, que lorsque le groupement des caractères spécifiques n'est pas abandonné au hasard. Cela est vrai dans toute science, mais en nous limitant à la tératologie pour laquelle la possibilité d'une classification est une chose controversée je ferai remarquer que I. Geoffroy St-Hilaire a lui-même reconnu l'impossibilité de subdiviser certains groupes et en particulier les Ectromèles. Ces monstres propres aux vertébrés sont caractérisés par l'atrophie de certains segments des membres et l'observation montre que ces atrophies peuvent se combiner de toutes les manières possibles. Si nous considérons à chaque membre trois segments (tels que le bras, l'avant-bras, la main) dont l'atrophie est indépendante cela fait en tout pour l'individu douze régions ou segments dont chacun est susceptible de deux manières d'être,

l'état normal et l'atrophie; il en résulte pour l'animal $2^{12} = 4{,}096$ modalités différentes dont une seule est normale. Quelques-unes sont il est vrai plus fréquentes mais la grande variation qu'on observe ne permet pas d'affirmer qu'aucune de ces modalités soit impossible à réaliser. Cette impossibilité d'une classification naturelle que I. Geoffroy St-Hilaire admet ou pressent pour les Ectromèles s'étend selon moi à l'ensemble de la tératologie. Mais, s'il n'y a pas de classification naturelle *unique*, il y a par contre *plusieurs* méthodes *naturelles* dont chacune offre des avantages propres et fait ressortir certains rapports. Ces méthodes permettent de grouper les monstres dans différents cadres, qui n'ont rien d'arbitraire, et la multiplicité de ces cadres est en réalité un avantage pour la science. J'ai suivi dans l'exposé de mes observations l'ordre suivant. Les groupes primaires au nombre de sept sont formés d'après la nature de la première hémitérie apparue (déviation du plan de segmentation, segmentation bornée au noyau, etc.). Les groupes secondaires sont formés d'après l'époque à laquelle l'hémitérie est apparue (stade VIII, stade IV, etc.). Enfin les groupes tertiaires sont tirés de la considération du nombre des cellules atteintes. Cet ordre est également suivi pour l'étude des monstres artificiels. Il est évident qu'on pourrait prendre une tout autre marche, prendre pour principal caractère le nombre des cellules atteintes que je ne considère qu'en troisième lieu, rapprocher les monstres artificiels des naturels, etc. Tous ces moyens me paraissent équivalents et aucun n'évitera ni les redites, ni l'éloignement d'espèces qui sont, par certains côtés, très voisines. L'impossibilité de classer les monstres est un fait dont le classificateur le plus obstiné doit prendre son parti et il me serait facile, si je voulais faire ici de la critique, de montrer que les différentes familles, classes et genres des tératologues ne reposent que sur la valeur arbitrairement attribuée à tels ou tels caractères au détriment non justifié des autres.

GRAVITÉ DES MONSTRUOSITÉS. — La monstruosité est d'autant plus complexe et profonde, toutes choses égales d'ailleurs, qu'elle apparaît d'une manière plus précoce. Considérons en effet, l'œuf au moment où il se divise en deux blastomères dont l'un représente la moitié droite et l'autre la moitié gauche du corps et

supposons que, pour une cause quelconque, l'un de ces blastomères vienne à mourir; l'observation montre qu'aucun des organes que devait produire ce blastomère ne se forme. La mort d'une cellule a donc à ce stade précoce le même résultat qu'une maladie qui chez la larve frapperait et détruirait la moitié du corps; elle constitue une atteinte plus grave encore car si on coupait en deux longitudinalement une larve normale et que l'une des moitiés réussît à se cicatriser, les rapports des organes restant seraient relativement peu altérés, tandis que par la destruction d'une moitié du corps au début de l'évolution, les organes que rien ne maintient en place durant leur formation apparaissent dans le plus grand désordre. Au lieu de cette lésion précoce supposons qu'au stade XXXII on détruise les seize cellules qui forment l'une des moitiés du corps; la monstruosité par défaut sera évidemment la même, mais les rapports des organes seront moins anormaux, parce que la cellule unique épargnée au stade II n'arrive pas régulièrement jusqu'à sa seizième division et qu'elle atteint le stade correspondant à XXXII avec des anomalies déjà acquises dont l'œuf mutilé plus tardivement est exempt.

Toutes choses égales d'ailleurs, la monstruosité est aussi d'autant plus grande qu'elle atteint plus de parties. Cela est évident de soi ; ce que je veux faire remarquer ici est une autre gravité propre aux lésions précoces. Qu'une hémitérie quelconque frappe l'œuf au stade IV elle ne peut en affecter moins d'un quart et l'observation montre, comme je l'ai déjà dit, que toute la descendance de la cellule frappée se ressentira du trouble dont son ancêtre a été le siège. La même lésion survenant au stade XXXII aura de grandes chances de frapper un moins grand nombre de cellules et par là sera moins grave.

Les divers processus sont du reste en eux-mêmes de gravité différente. Ainsi l'arrêt de segmentation détermine une anomalie moins grande que la mort de la même cellule mais il est impossible d'établir entre les divers processus une échelle de gravité, parce que chacun d'eux est susceptible de nombreux degrés.

Causes de la forme des cellules. — Les faits que j'ai observés sur les segmentations normales ou tératologiques, ceux que je rapporte plus loin sur la vie des cellules dissociées, ceux enfin

qui-résultent des trausmatismes, jettent quelque jour sur une question difficile celle de la forme des cellules et de leurs agrégats. La comparaison souvent faite entre les cellules polyédriques de certains épithéliums et des grains de raisin écrasés sous le pressoir, est, lorsqu'il s'agit des cellules d'un œuf en segmentation, extrêmement voisine de la réalité. L'expérience démontre en effet que la forme polyédrique des éléments n'est nullement leur état naturel, celui que chacun d'eux prendrait s'il venait, par dissociation ou autrement, à être un instant débarassé du contact des cellules voisines, je montrerai plus loin comment on peut dissocier un œuf en respectant un certain nombre des cellules qui continuent de vivre et de se multiplier. Or chaque fois qu'on isole ainsi des cellules, durant les premiers stades, elles deviennent instantanément et spontanément ovoïdes. On peut arriver au même résultat par un moyen plus facile qui consiste à tuer par piqûre toutes les cellules d'un œuf à l'exception d'une seule. Dans cette expérience la cellule épargnée change aussitôt de forme et prend le même contour sphérique que si elle avait été isolée par dissociation. La figure 127, pl. XXII, montre la forme nouvelle que prend l'un des blastomères du stade II lorsque son voisin a été tué (dans la figure la cellule granuleuse est morte). La large facette *plane* qui formait le plan médian a fait place a une surface arrondie continue avec le reste de la surface de l'élément vivant. Ce changement de forme remarquable et rapide démontre que la facette plane de contact était déterminée uniquement par la cohésion des deux éléments. Cette cohésion est un phénomène d'ordre purement physique comme l'attraction qui permet de soulever une gouttelette d'eau ou de mercure à l'extrémité d'une baguette de verre. La forme actuelle des blastomères est donc déterminée par le conflit de deux ordres de causes : en premier lieu chacun d'eux possède une certaine forme naturelle ovoïde vers laquelle son élasticité tend sans cesse à le ramener, en second lieu ils s'attirent réciproquement et s'aplatissent les uns contre les autres, en faisant violence à leur forme naturelle. Nous allons analyser de plus près chacun de ces deux facteurs.

FORME NATURELLE DES BLASTOMÈRES. — Chaque blastomère est une cellule vivante, autonome, qui subit par elle-même des variations de forme propres et spontanées. Ces variations, lors-

qu'elles ont une certaine étendue, méritent le nom de mouvements amœboïdes, mais sur les œufs d'*A. aspersa* elles se bornent à des dilatations et à des contractions successives des différents diamètres de la cellule, sans altération notable de la forme générale ; indépendamment des déformations de totalité, il se forme parfois, en certains points, des éminences ou saillies localisées qui peuvent disparaître dans la suite, enfin des changements de formes plus étendus annoncent et précèdent la segmentation. Quels que soient ceux de ces mouvements que l'on considère, l'observation montre que chaque blastomère normal *subit toujours dans tous les œufs la même série de déformations*. Par suite, à chaque phase de son existence il a toujours une certaine forme déterminée. Chaque blastomère passe par des phases successives d'activité et de repos et c'est surtout aux instants qui précèdent ou qui suivent la segmentation qu'il montre le plus de variation. Les déformations diffèrent d'un blastomère à l'autre et peuvent *aussi bien que n'importe quel caractère anatomique* les faire distinguer. L'histoire de la cellule P peut nous servir d'exemple : nous la voyons d'abord très active au moment de sa formation s'allonger suivant une certaine direction et produire à sa face postérieure une saillie en forme de mamelon (fig. 86, pl. XXI); puis ce mamelon s'efface, la surface devient partout sphérique en même temps que la cellule P s'accole plus intimement, c'est-à-dire par une plus large surface, à ses voisines ; elle entre alors dans sa phase d'inertie d'où elle ne sort que pour s'allonger à nouveau et se segmenter. Corrélativement à ces variations de la forme extérieure le protoplasme de P, subit des mouvements internes qu'accuse la différence des aspects et sur lesquels je n'insiste pas ici. Chaque blastomère a comme P une histoire propre ; ainsi *p* et p sont toujours plus larges au moment de leur formation qu'ils ne le sont plus tard, etc., je n'insiste pas sur ces faits qui ont déjà été dits plus haut. Ce qui précède s'applique aux blastomères normaux, mais si la cellule est anormale ses changements de forme sont altérés ; l'état anormal du blastomère est du reste confirmé, dans la suite, par les hémitéries que nous connaissons. Ainsi dans le cas où le mamelon P^1 vient à manquer à la cellule P, la cellule P^1 ne se produit pas et la segmentation de P est frappée d'anomalies diverses.

DÉFORMATION DES CELLULES PAR ATTRACTION RÉCIPROQUE. — Indépendamment des déformations spontanées plus ou moins amœboïdes dont les blastomères sont le siège, une attraction réciproque les unit les uns aux autres et détermine entre eux la formation de larges facettes de contact. Ces facettes de contact ne sont pas, chez l'*A. aspersa*, le fait de la segmentation elle-même, car la segmentation laisse les cellules *arrondies* et *tangentes;* elles sont dues à un phénomène secondaire, le réaccolement, qui reconnaît une cause toute physique. L'étendue des facettes de contact de deux blastomères dépend et de l'intensité de leur attraction et de leur dureté. Plus la cohésion est forte, plus la facette est étendue; plus au contraire la dureté des blastomères est grande et plus la facette du contact est petite. Il est vrai que la dureté et l'attraction des divers blastomères varient, mais elles n'en ont pas moins à chaque instant de l'évolution pour chaque blastomère une valeur parfaitement déterminée et c'est cette valeur qui détermine, à cet instant, l'étendue de la facette de contact. Cette proposition qui a un caractère plus général que les faits concernant la forme propre à chaque élément, a une grande importance et il importe de l'établir avec soin. Je dis tout d'abord que les blastomères sont mous, élastiques et déformables, sans altération permanente. On s'en convaincra aisémant en observant un œuf sous un compresseur gradué; tant que la pression n'a pas excédé une certaine limite l'œuf revient exactement à sa forme primitive et mis en culture donne des larves normales ce qui prouve qu'il n'a nullement été altéré. On peut faire la même expérience avec des œufs segmentés, la compression détermine des variations de forme des divers blastomères, qui disparaissent avec elle sans laisser de trace. On peut encore opérer d'une autre manière en aspirant l'œuf, segmenté ou non, dans un tube capillaire en forme d'entonnoir, dont la partie rétrécie agit sur lui comme une filière, si l'étirage n'a pas excédé un certain degré, l'œuf reprend sa première forme et suit un développement normal. L'élasticité des cellules peut encore être mise en évidence par une autre méthode qui en montre bien l'étendue; elle consiste à pousser l'aiguillon de verre avec lenteur contre le protoplasme de manière à le déprimer sans le percer. On détermine ainsi (fig. 6, page 202) une fossette en forme d'ombilic extrêmement creux et très régulier. Si à l'instant où l'aiguillon a ainsi pénétré jusqu'à la moitié de

l'épaisseur du vitellus on le retire, celui-ci reprend aussitôt sa forme primitive et l'évolution ultérieure est normale. Toutes ces expériences démontrent que les cellules (les blastomères de l'*A. aspersa*) sont des corps mous, élastiques, revenant parfaitement à leur forme primitive tant que la compression, l'étirage, la piqûre n'ont pas excédé une certaine limite.

Je dis en second lieu que les cellules s'attirent et cette attraction ou cohésion est prouvée par l'existence même des facettes de contact. *Partout, en effet, où la surface des cellules est libre, elle est arrondie.* Cela est vrai, des surfaces libres qui regardent l'extérieur comme de celles qui regardent les cavités internes, telles que : le canal de segmentation (fig. 22, pl. XVIII), la cavité de segmentation (fig. 3, pl. XVIII), la cavité archentérique (fig. 33, pl. XIX), la cavité périviscérale (fig. 34, pl. XIX, la surface externe des cellules de système nerveux), etc. Il n'y a pas, sur une *seule* cellule, une *seule* facette plate en dehors d'un contact avec une autre cellule, durant toute la période de la segmentation, et, les faits tératologiques sont encore plus probants à cet égard, car au milieu des nombreuses formes que j'ai rencontrées et dont mes planches ne reproduisent pas la dixième partie, je n'ai jamais vu une facette cellulaire plane en dehors du contact d'une autre cellule. Il est vrai que les facettes de contact de deux blastomères ne sont pas nécessairement planes, mais c'est là précisément qu'est la meilleure preuve de l'origine de ces facettes. En effet, il est aisé de démontrer que lorsque deux corps mous, élastiques, sphériques, de *même substance*, mais d'inégale grosseur, sont poussés l'un contre l'autre, par quelque force que ce soit, toujours la facette de contact qui se forme entre eux est convexe du côté de la sphère la plus grosse. C'est ce que chacun peut aisément constater sur divers objets, par exemple, sur des bulles de savon, sur des gouttelettes d'huile suspendues dans un liquide, etc. Cette loi se retrouve également dans les facettes de segmentation. Si les cellules sont de même substance, ce qu'on reconnaît aux procédés ordinaires et ce qui est *à peu près* le cas pour les premiers blastomères de l'Ascidie, toujours la facette de segmentation est convexe du côté de la plus grosse cellule (voy. fig. 5, 50, 51, 53, etc.). Les exceptions apparentes à cette règle ne sont offertes que par des blastomères de substance différente dans lesquels il peut y avoir une compensation due à la

dureté inégale des deux corps. Les deux premiers blastomères sont certainement les plus semblables, puisqu'ils ont la même valeur morphologique et contiennent en puissance à très peu près les mêmes parties, or, sans exception, si l'un d'eux est plus gros, la facette de contact est convexe de son côté (fig. 50, pl. XIX). L'attraction des cellules est également prouvée par les glissements dont elles sont capables les unes sur les autres. Ces glissements les portent toujours à former durant les premiers stades de l'évolution des formes rapprochées de la sphère. Cette attraction est, je le répète, un fait d'ordre entièrement physique qui se produit indifféremment avec toute espèce de corps. Il n'y a pas qu'avec des cellules que la nature puisse former des tissus. Je n'en puis citer de meilleur exemple que les pseudo-tissus que certains kystes d'infusoire produisent spontanément par suite de causes semblables. Ces kystes nageant à la surface de l'eau s'attirent les uns les autres, deviennent polyédriques par attraction réciproque et forment des membranes analogues à des épithéliums. Gesa Entz, décrit en ces termes ceux de l'*Eutrepsia viridis :* « Les « kystes situés au voisinage les uns des autres, à la surface de « l'eau, se compriment réciproquement en polyèdres et forment « des membranes semblables à des Ulves, qu'on peut soulever « par larges lambeaux au-dessus de la surface du liquide (1). » La figure qui accompagne cette description ne laisse nul doute sur la nature du phénomène. C'est une adhésion moléculaire de même ordre qui détermine l'empilement régulier sous forme de colonnes des hématies du sang humain, abandonné au repos. Tous ces faits, l'élasticité et la mollesse des blastomères, leur attraction réciproque, leurs facettes de contact dues à cette attraction, n'ont rien de commun avec la locution banale qui semble les résumer en disant que les cellules sont polyédriques par pression réciproque. Cette locution n'a, en effet, aucun sens mécanique tant qu'on ne montre pas où est la cause de cette pression ; sans doute, des sphères molles pressées les unes contre les autres doivent devenir polyédriques, mais où est la cause qui, dans l'œuf, presse les cellules. Elles sont si peu pressées que tout au contraire elles s'attirent ; ce sont des forces internes et non pas

(1) Gesa Entz. « Die Flagellaten der Kochsalzteiche zu Torda und Szasmosfalva. » (Termeszetrajzi fusetek, vol. VII, 1883 a musæo nationali hungarico Budapestensi vulgato).

des forces externes qui déterminent le phénomène. C'est encore bien à tort qu'on emploie la locution, polyédrique par pression réciproque, dans de nombreux cas où il y a ni *pression*, ni *attraction* des cellules et où leur forme naturelle est effectivement *polygonale* et tel est le cas des épithéliums des animaux adultes comme on le sait par la dissociation des cellules de ces épithéliums dans des sérum qui les conserve vivantes avec leurs formes polyédriques. La locution, polyédrique par pression réciproque, est donc à rejeter; il y a des cellules polyédriques *par attraction* réciproque, il y a des cellules polyédriques *avec juxtaposition* réciproque, il n'y en a pas de polyédriques *par pression* réciproque ou du moins ce cas n'est pas celui des œufs en segmentation.

Des hiatus intercellulaires. — L'observation montre que pendant les premières périodes du développement, à chaque segmentation, les deux cellules sœurs récemment individualisées laissent entre elles et leurs voisines des hiatus intercellulaires qui disparaissent après quelques instants. Plus l'œuf est segmenté et les cellules petites, et plus ces hiatus sont étroits (comparez fig. 22 et 57, pl. XVIII et XX), ce qui tient à la petitesse absolue des éléments. La formation de ces hiatus doit être expliqué, soit par une diminution de l'adhérence entre les cellules nouvellement formées et les anciennes, soit par une augmentation de la dureté relative des nouvelles cellules. C'est à cette seconde explication que je donne la préférence, car la diminution de grosseur des éléments cellulaires équivaut à une augmentation de dureté relative, conformément à ce qui a été dit plus haut. Le réaccollement ultérieur qui détermine la disparition des hiatus intercellulaires, me paraît dû au contraire à un ramollissement de la cellule.

La cavité de segmentation n'est, comme je l'ai déjà dit, qu'un hiatus intercellulaire; sa formation doit donc être rapportée au même mécanisme. A mesure, en effet, que les blastomères deviennent plus nombreux et plus petits, chacun a une dureté relative plus grande, et, leur cohésion n'augmentant pas d'une manière parallèle, il arrive nécessairement un instant où les cellules s'écartent. On voit aisément, en considérant une blastophère creuse, que chaque cellule a individuellement une forme plus

voisine de la sphère (c'est-à-dire une forme plus voisine de celle qui lui est naturelle) que dans une morula pleine où les cellules en forme de coin se touchent et aboutissent au centre. Si les cellules de segmentation sont semblables, la figure d'équilibre est nécessairement une blastophère sphérique, comme celle des échinodermes ; mais si les cellules sont fortement différentiées, comme chez l'Ascidie, la forme générale de la blastophère est modifiée.

Cohésion et consistance des blastomères sphacélés. — Les cellules mortes, quelle que soit la cause de la mort, ont peu ou pas d'attraction pour les vivantes et sont en outre, au moment de la mort et avant la coagulation cadavérique, beaucoup plus molles. Par suite, les blastomères sphacélés ont une tendance naturelle à s'éliminer. Ce sont encore des causes purement physiques qui président à ce phénomène (fig. 120, pl. XXII) ; l'adhésion réciproque des éléments vivants les porte à se réunir le plus intimement possible et détermine ainsi l'expulsion des parties étrangères. Cette expulsion a lieu soit au dehors, soit dans une cavité interne ; au stade de blastophère, elle a lieu en dehors chez l'*A. aspersa*, mais chez les oursins j'ai obtenu le résultat inverse.

Vie des blastomères dissociés. — En perforant de part en part, à l'aide de l'aiguillon de verre, un œuf d'Ascidie segmenté, on peut mettre des blastomères en liberté. Cette dissociation a lieu au milieu d'une déchirure générale dans laquelle plusieurs cellules trouvent la mort, mais il en échappe toujours un certain nombre qui continuent à vivre dans l'eau de mer. En portant son attention sur une de ces cellules on la voit devenir presque instantanément sphérique ou arrondie, et, après un temps variable, se diviser comme si rien de spécial ne lui était arrivé. La division a lieu avec karyokinèse d'abord en deux, puis en quatre et en huit éléments, par trois plans de segmentation à peu près perpendiculaires entre eux ; puis on observe les mêmes phénomènes de réaccolement et de glissement qu'à l'état normal, et la segmentation se poursuit à intervalles subégaux de vingt en vingt minutes. Après plusieurs heures, le blastomère s'est transformé en une masse arrondie d'une vingtaine de cellules, dont l'ensemble est plus gros que lui. L'autonomie cellulaire et l'autonomie du

développement de chaque partie, reçoivent ici leur démonstration la plus simple et la plus directe; malheureusement le développement de ces blastomères isolés ne se poursuit pas au delà de quelques heures. — J'aborde à présent la description des différentes espèces de monstres que j'ai observées, réparties d'après la nature du processus tératologique initial en six groupes sur chacun desquels j'aurai encore à présenter de nouvelles généralités.

TÉRATOLOGIE SPÉCIALE.

§ 1. — Monstres par déviation des facettes de segmentation.

Je n'ai pas l'intention de rapporter en détail les nombreux cas de ces monstres que j'ai observés. Je me bornerai à quelques exemples. En général, plus la déviation des facettes est précoce, plus la monstruosité est forte; car une première irrégularité en entraîne toujours d'autres et la segmentation qui est une fois sortie de la voie normale semble éprouver les plus grandes difficultés à y rentrer. Lorsque l'irrégularité des facettes est poussée à un certain degré, on peut dire qu'elle défie toute description, et chaque œuf semble présenter un type nouveau. Souvent il se forme un chaos confus de cellules dans lequel toute homologation est impossible et qui ne semble retenir de l'ancienne discipline que la loi de la division dichotomique à intervalles réguliers. Je ne dirai rien de pareilles formations monstrueuses, si ce n'est qu'elles témoignent de la plus profonde et de la plus étonnante variabilité. Laissant de côté ces cas extrêmes, je m'arrêterai à ceux plus nombreux où l'irrégularité laisse encore reconnaître des lois, lorsque, par exemple, elle se répète symétriquement à droite et à gauche et reproduit des types de segmentation normaux chez d'autres espèces d'animaux. Comme je l'ai déjà dit, la déviation des facettes est dans un grand nombre de cas soumise à des règles déterminées. Les voici : les deux facettes frontales tournent plus ou moins sur elles-mêmes en demeurant parallèles à l'axe vertical de l'œuf; les facettes équatoriales, au contraire, se dévient par une rotation autour de l'axe transversal de l'œuf (axe mené horizontalement de droite à gauche, perpendiculairement au précédent). Les facettes méridiennes ou de quatrième génération demeurent dans leurs variations à peu près

parallèles à l'axe vertical (l'orientation de ces mêmes facettes à l'état normal comparée avec les mêmes facettes chez l'Amphyoxus et d'autres animaux n'est qu'un cas particulier de cette même déviation). Il serait important, pour les lois générales de la morphologie, de savoir, dans le cas où des facettes de segmentation sont déviées, si les cellules qu'elles séparent sont rigoureusement homologues à celles des œufs normaux, c'est-à-dire produisent les mêmes organes, ou si, en même temps que se déplace la facette, les propriétés des cellules qu'elle sépare varient d'une manière corrélative. Je n'ai pu encore faire d'expérience dans cette direction. Voici quelques exemples des déviations les plus communes.

TYPE 1. DÉVIATION DE FACETTES AU STADE XVI. — Si on se reporte à la figure qui représente l'état normal (fig. 17, pl. XVIII), on voit qu'au stade XVI les facettes A^1 A^2 et $\mathcal{A}^1$ $\mathcal{A}^2$ tombent sur le plan frontal. Sur un œuf qui avait paru jusque-là normal, j'ai vu l'une de ces facettes se diriger vers le pôle. Il survint dans la suite d'autres déviations, et finalement j'obtins, au lieu d'une larve, une masse ovoïde formé d'un ectoderme continu renfermant un sac branchio-intestinal, de chaque côté duquel se trouvaient deux bandelettes cellulaires représentant, à n'en pas douter, deux cordes dorsales distinctes. Cette corde double avait sur la larve âgée de vingt-quatre heures, subi la transformation vésiculeuse ; il n'existait ni vésicule cérébrale ni organes de fixation.

TYPE 2. DÉVIATION SYMÉTRIQUE DES FACETTES ÉQUATORIALES ANTÉRIEURES. — Ce type assez fréquent est souvent remarquable par une symétrie bilatérale parfaite. Jusqu'au stade IV la segmentation ne diffère pas beaucoup de la normale. Le premier sillon m'a paru se former sur la face antérieure de l'œuf et au stade IV les cellules antérieures sont un peu plus grosses que les postérieures. Cette inégalité des blastomères qui est l'exception dans la segmentation normale est ici la règle. L'anomalie décisive apparaît au stade VIII (fig. 48, pl. XIX). Des quatre facettes équatoriales deux seulement sont dirigées d'une manière normale ce sont les postérieures, leur direction est à peu près horizontale. Au contraire les facettes A a et *A a* sont à peu près verticales et dirigées comme des méridiens intermédiaires entre les plans médian et frontal (voyez fig. 28, page 272). La cellule A se place en arrière de a

au lieu d'être au-dessous d'elle. L'apparition de cette anomalie est annoncée à la fin du stade IV (fig. 46, pl. XIX) par le contour cordiforme des deux cellules antérieures A D et A G mais à cet instant on ne peut encore décider si la déviation appartiendra au type que je décris ou à un autre qui sera mentionné plus loin. Par suite de la déviation des facettes équatoriales, les cellules A et *A* sont écartées l'une de l'autre et cet écartement faible au début s'accentue dans la suite par un glissement en dehors. Le stade XVI qui n'est pas figuré m'a permis de faire l'homologation cellule à cellule ; si on ne considérait en effet que la description qui précède, rien ne justifie la notation, mais au stade suivant P et *P* se divisent transversalement et la petitesse des cellules P[1] et *P*[1] les fait reconnaître.

Le glissement des cellules A et *A* qui a pour effet d'augmenter l'anomalie est la conséquence même de la déviation de la facette équatoriale qui n'a pas laissé naître ces deux cellules à leur place. Dans d'autres cas où la même déviation de la facette équatoriale était moins profonde, les cellules A et *A* ont au contraire glissé en dedans et réparé en partie l'anomalie due à la déviation. Je n'ai obtenu avec ces œufs que des larves mal conformées qu'il est inutile de décrire.

TYPE 3. AUTRE DÉVIATION DES FACETTES ÉQUATORIALES ANTÉRIEURES. — Cette anomalie diffère peu au début de la précédente. Dans les deux cas que j'ai observés le sillon médian a débuté sur la face antérieure de l'œuf et dans l'un de ces cas, qui a été figuré, une des moitiés de l'œuf était un peu plus grosse. Au stade IV (fig. 53, pl. XX) les cellules antérieures sont plus grosses que les postérieures et le sillon frontal apparaît d'adord sur le plus petit blastomère. Le stade VIII ne diffère d'abord en rien de celui du type précédent (fig. 47, pl. XIX), c'est-à-dire qu'il présente le même contour cordiforme des cellules antérieures. Mais lorsque les sillons ont pénétré plus profondément on reconnaît que les facettes déviées, devenues méridiennes, au lieu de se diriger vers le plan frontal vont à la rencontre du plan médian (fig. 54, pl. XX). Il existe dans le premier instant un canal de segmentation qui sépare toutes les cellules mais elles ne tardent pas à se réaccoler (fig. 55, pl. XX) et les cellules a et *a* sont éloignées des deux cellules aborales postérieures p et *p* (fig. 25 page 272). Au

stade XVI toutes les cellules situées en avant du plan frontal se divisent équatorialement et toutes celles situées en arrière par des plans méridiens et il en résulte une masse aplatie formée de deux assises (fig. 56, pl. XX).

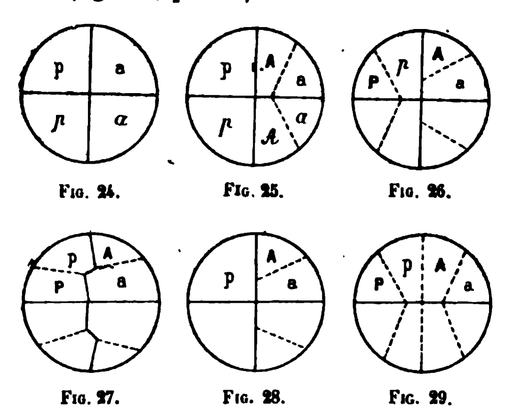


Fig. 24. Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27. Fig. 28. Fig. 29.

D'autres fois les déviations du stade XVI ont lieu d'une autre manière, que la figure 57 (pl. XX) permet de comprendre en suivant la notation, et que je ne m'arrêterai pas à décrire. Les cultures m'ont donné seulement des masses sans organes sans nulle autre différenciation que celle d'un ectoderme continu.

Type 4. Déviation asymétrique d'une seule des facettes équatoriales. — Cette anomalie se rapporte à l'avant dernier type que j'ai décrit. Les premières divisions n'ont rien offert d'anormal elles peuvent être représentées par les figures 1, 8 et 15 de la planche XVIII. Au stade IV les cellules antérieures sont un peu plus grosses que les postérieures. Au début du stade VIII toutes les cellules ont un contour cordiforme, mais lorsque la segmentation est complète la facette Aa est seule déviée (fig. 58, pl. XX) et rejetée latéralement. Peu après la cellule *A* gagne par glissement une situation symétrique de A. La culture m'a donné une larve urodèle un peu difforme, sans système nerveux invaginé, mais présentant superficiellement une tache pigmentaire à gros grains, formée d'une seule cellule (qui représente l'otolithe). Les organes de fixation étaient bien reconnaissables, la queue grosse et courte. La corde dorsale avait au bout de dix heures subi la transformation vésiculeuse normale. L'ectoderme formait un tégument continu.

TYPE 5. DÉVIATION DES QUATRE FACETTES ÉQUATORIALES, FORME EN GALETTE. — Plus la segmentation s'éloigne de l'état normal plus l'homologation des cellules devient incertaine je ne donne celle de la figure 60 que comme probable car on pourrait interpréter autrement que je ne fais les déviations des facettes équatoriales. Il n'y a qu'un seul point de repaire qui ne fasse jamais défaut c'est celui fourni par le premier plan de segmentation qui est toujours médian. J'ai pris pour côté antérieur celui qui au stade IV présentait les plus gros blastomères (fig. 59, pl. XX) et cette détermination est ordinairement contrôlée par la petitesse des éléments P^1 et P^1 issus des blastomères postérieurs. Enfin les cellules A et a ont été homologués d'après la ressemblance de leur situation avec un type anormal déjà représenté (fig. 48, pl. XIX). Voici telle que je la comprends la formation de ce type singulier. Les stades II et IV n'ont rien offert de spécial. Au stade VIII (fig. 59, pl. XX) les quatre facettes équatoriales au lieu d'être dirigées horizontalement se présentent avec la direction de méridiens verticaux. Lorsque les sillons ont pénétré profondément (fig. 60, pl. XX) les deux postérieurs tombent sur le plan médian tandis que les deux antérieures Aa et *Aa* tombent sur le plan frontal. (voy. fig. 26, page 272). Il existe d'abord entre toutes les cellules un canal de segmentation dirigé suivant l'axe vertical de l'œuf; ce canal disparaît d'ordinaire par un réaccolement rapide, mais d'autre fois il persiste pendant plusieurs stades et l'œuf conserve, durant ce temps, la forme d'un anneau semblable à l'œuf segmenté des Cténophores. En remarquant la ressemblance de la figure 60, pl. XX avec le stade XVI normal pour la disposition des sillons méridiens, on serait peut-être tenté de croire à une simple interversion dans l'ordre de l'apparition des sillons équatoriaux et des sillons méridiens, mais il n'en est rien les facettes déviées A a et Pp apparaissent à l'époque où doivent apparaître les facettes équatoriales et ne sont autre chose que des déviations de celles-ci. Au stade XVI les cellules situées en avant du plan frontal se divisent perpendiculairement à l'axe de l'œuf (fig. 61, pl. XX) et au contraire les cellules situées en arrière du plan frontal se divisent suivant des méridiens. On voit donc qu'au stade VIII comme au stade XVI les cellules antérieures se divisent comme dans le type n° 2. Au stade XXXII certaines cellules ne se segmentent pas, mais la petitesse des éléments P^{11} et P^{12} fait re-

connaître le côté postérieur (fig. 62, pl. XX). La culture m'a donné diverses larves difformes dans lesquelles on distinguait aisément l'endoderme, l'ectoderme et la corde dorsale.

Il existe encore d'autres modes de déviation mais je ne m'arrêterai pas à les décrire et les figures ci-dessus (page 272) les feront suffisamment comprendre. Ces schémas représentent l'œuf par le pôle aboral au stade VIII. La figure 24 est l'état normal, les facettes équatoriales étant à peu près horizontales c'est-à-dire parallèles au plan de la figure leur trace superficielle n'est pas visible et se confond avec le contour de l'œuf. Les figures 25, 26 et 28 représentent trois des types décrits on voit aisément en les comparant entre elles et avec les deux autres types non décrits des figures 27 et 29 que les variations d'orientation des facettes équatoriales consistent en ce que étant devenues méridiennes elles tombent tantôt sur le plan frontal et tantôt sur le plan médian, pouvant offrir différentes combinaisons *symétriques* de ces deux modes. Si on se rappelle que les facettes équatoriales de l'Ascidie ne sont, normalement, pas horizontales mais que les antérieures sont obliques en bas et en dehors, les postérieures en haut et en dehors, on pourra considérer la déviation tératologique comme n'étant que l'exagération de cet état. La figure 29 (page 272) correspond à peu près à la figure 94, pl. XXI, mais celle-ci a trait à un œuf dans lequel la déviation des facettes est compliquée de soudure de cellules.

Type 6. Déviation des facettes frontales. — Je ne ferai que signaler ces déviations dont les figures 64 et 65, pl. XX, offrent deux exemples. Dans l'œuf de la première figure la déviation est peu accusée et les deux facettes frontales rencontrent encore le plan médian, dont la trace est indiquée par un trait plus fort. Dans l'œuf de la seconde figure l'une des facettes ne rencontre plus le plan médian. Je pourrai donner beaucoup d'autres exemples qui contiendraient les formes de passage mais cela est inutile, je ferai seulement remarquer que les facettes frontales déviées demeurent dans tous les cas à peu près parallèles au grand axe de l'œuf. Un des déplacements les plus fréquents des facettes frontales est celui par lequel elles se reportent en arrière, divisant l'œuf en quatre blastomères dont les antérieurs sont plus gros que les postérieurs. La suite du développement présente

en général d'autres anomalies qui entraînent une monstruosité confirmée.

La figure 63, pl. XIX représente un stade II qui vient de s'achever et qui est remarquable par la présence sur les deux blastomères de deux petites éminences qui sont les points du protoplasme qui se sont rompus en dernier lieu. L'état qui précède celui-ci peut être représenté par les figures 90 et 91, pl. XXI, et sera décrit à propos de la segmentation impuissante.

Type 7. Déviation de la facette médiane ou du premier plan de segmentation. — Je n'ai l'intention de donner que quelques exemples des déviations de facettes mais à tous les types que je décris et qui sont les plus fréquents on en peut joindre beaucoup d'autres. Leur nombre est considérable et la description de tous ceux que j'ai vus et étudiés encombrerait inutilement ce travail. Je donnerai seulement pour terminer trois figures se rapportant à une segmentation qui se montra anormale dès le début. La figure 50, pl. XIX montre l'œuf divisé en deux blastomères très inégaux ; la figure 51 montre le même œuf au stade IV ; la facette frontale est sur la petite cellule dirigée de la manière normale c'est-à-dire perpendiculairement au plan médian, au contraire la facette qui traverse la grosse cellule est déviée jusqu'à devenir presque parallèle. Au stade VIII (fig. 52, pl. XIX) les facettes équatoriales qui traversent les deux petits blastomères sont bien orientés c'est-à-dire perpendiculaires à l'axe de l'œuf, au contraire les facettes équatoriales dans les gros blastomères sont dirigées à peu près dans un plan frontal. En résumé le petit blastomère X se segmente d'une manière normale et le gros blastomère Y présente des anomalies considérables et cette localisation de la monstruosité dans le blastomère *le plus gros* est un fait que nous avons déjà trouvé dans plusieurs des types précédents. Il semblerait que le hasard préside seul à ces singulières aberrations mais cependant en consultant mes cahiers d'observations je trouve d'autres cas presque absolument semblables à celui que je viens de figurer.

Je pourrai décrire des segmentations plus irrégulières encore que celles qui précèdent et que j'ai cependant rencontrées *plusieurs fois*, je ne saurai donc douter que tous ces faits trouveront un jour leur explication lorsque le mécanisme de la segmentation

sera connu et peut-être même est-ce par la voie de nombreuses observations tératologiques que la signification de ce phénomène sera découverte.

§ 2. — Monstres par segmentation retardée.

J'ai dit plus haut que certaines facettes de segmentation pouvaient apparaître avec un retard plus ou moins considérable. Si le retard est léger il n'entraîne souvent aucun inconvénient et j'ai signalé dans l'embryologie normale une certaine variabilité compatible avec une évolution régulière. Une pareille variabilité a été constatée dans beaucoup d'espèces : ainsi sur l'*Ascaris megalocephala* après la première segmentation (qui est ici homologiquement équatoriale) on voit survenir indifféremment la division soit de la cellule ectodermique, soit de la cellule endodermique (Hallez). De pareils faits sont cités dans beaucoup d'autres embryogénies et expliquent sans doute pourquoi chez les différentes espèces d'animaux l'ordre de succession des plans de segmentation n'est pas le même. On peut en effet concevoir qu'un léger retard dans l'apparition de telle ou telle facette peut se fixer par l'hérédité, augmenter peu à peu, et finalement déterminer l'interversion de l'ordre d'apparition des facettes. Lorsque le retard de segmentation est prolongé, la cellule retardataire ne peut plus rattraper le temps perdu; toutes les facettes qui se produisent dans ses cellules filles sont en retard sur leurs homologues et le plus souvent ne tardent pas à se compliquer en outre de déviations. L'évolution est alors profondément troublée ; enfin le retard peut, en se prolongeant, aller jusqu'à l'arrêt définitif de la segmentation ce qui constitue un cas spécial que je décrirai plus loin.

Les causes qui engendrent ce retard de segmentation ainsi localisé à quelques blastomères nous sont inconnues; il faut seulement rappeler à ce propos que la vitesse de la segmentation est très différente sur les œufs de diverses espèces d'animaux. Elle varie également avec la température et Hallez a découvert que l'acide carbonique pouvait interrompre complètement ce phénomène qui reprend lorsqu'on suspend l'action du gaz. (Cette action intéressante de Co^2 se produit sur des œufs d'Ascaris, mais ceux des Ascidies sont immédiatement tués.) Enfin dans une même ponte dont tous les œufs ont été fécondés au même instant, la segmentation ne commence pas au même instant pour

tous les œufs et ne se poursuit pas dans tous avec la même vitesse, si bien que, après quelques heures, on trouve toujours des œufs à des degrés de développement très inégaux, les uns étant déjà des blastosphères, alors que les autres en sont à leur première division. On sait également que les cellules de l'ectoderme (même à égalité de grosseur) se divisent chez beaucoup d'animaux et chez l'Ascidie plus vite que celles de l'endoderme. Le retard tératologique de segmentation est souvent remarquable en ce qu'il a pour valeur à peu près l'intervalle de vingt minutes qui sépare normalement deux segmentations. Il semble que, même dans le cas d'anomalie, les segmentations de certains blastomères influent sur celle des autres, de telle sorte que les segmentations ont une certaine tendance à la simultanéité. Je ne citerai qu'un exemple de segmentation retardée.

TYPE 8. SEGMENTATION RETARDÉE D'UNE DES MOITIÉS DE L'ŒUF. — L'œuf au stade II n'avait rien présenté de spécial et s'était divisé en deux cellules l'une droite l'autre gauche que j'appelle X et Z. Au stade correspondant à IV une seule facette frontale s'est produite qui a divisé X en X^1 et X^2 (fig. 69, pl. XX). Au stade correspondant à VIII deux facettes équatoriales sont apparues divisant respectivement X^1 et X^2 en X^{11}, X^{12} et X^{21}, X^{22}. Ces quatre cellules présentent les rapports de superposition normaux (fig. 70, pl. XX). En même temps se produisit une facette frontale qui divisa Z avec un retard de vingt minutes mais d'une manière du reste normale. L'œuf se trouve ainsi par l'une de ses moitiés au stade IV et par l'autre au stade VIII, il compte en tout six cellules. La figure 70 le représente au moment où apparaît la facette frontale Z^1, Z^2. Au stade correspondant à XVI (fig. 71, pl. XX) la plupart des X se divisèrent et en même temps apparurent dans les Z les facettes équatoriales avec leur orientation habituelle. Le côté des Z retarde donc sur celui des X toujours de vingt minutes et il est au stade correspondant à VIII. L'œuf continue à évoluer, présentant toujours un plus grand nombre de cellules du côté des X que du côté des Z, mais l'anomalie se compliqua peu à peu car certains X refusèrent de se segmenter et retardèrent à leur tour. Le résultat final fut une masse cellulaire pleine, arrondie, mamelonnée, sans rudiments d'organes et présentant seulement en certains points un ectoderme différentié

mais discontinu. Ce môle vécut trois jours sans mouvements. Une autre fois j'obtins dans un cas analogue une larve difforme, à queue à peine distincte, mais laissant cependant reconnaître une corde dorsale animée de soubresauts et une tache pigmentaire sensorielle superficielle.

§ 3. — Monstres par segmentation bornée au noyau.

J'ai dit dans les généralités que la segmentation bornée au noyau se présentait sous deux aspects selon que le corps cellulaire tentait lui-même de se segmenter ou qu'il ne présentait qu'une faible trace de ce phénomène. Entre ces deux aspects il y a tous les intermédiaires, mais les deux cas extrêmes sont si différents qu'il importe de les distinguer, ce que j'ai fait en donnant au premier le nom de segmentation impuissante et au second le nom de segmentation très impuissante.

La segmentation d'un blastomère est impuissante lorsque les deux corps cellulaires après s'être séparés d'une manière presque complète se ressoudent, les noyaux restant dictincts. Lorsque j'observai pour la première fois sur l'*A. aspersa* ce curieux phénomène je crus être en présence d'un fait entièrement nouveau, mais j'ai reconnu depuis que si la segmentation impuissante n'avait pas été notée, en tant que phénomène tératologique, elle avait cependant été observée.

De Quatrefages l'a le premier décrite mais, à une époque où la segmentation était un phénomène si peu connu, qu'il a dû prendre pour normal un fait qui est sans doute, chez les animaux qu'il a observés, comme chez les Ascidies, du domaine tératologique. Il dit en parlant de l'embryologie des Hermelles : « Le morcellement du vitellus ne marche pas toujours d'une « manière progressive, la masse vitelline après être arrivée « à un certain degré de *division*, éprouve un mouvement con« traire de concentration. Plusieurs des lobes formés se réunis« sent alors en un seul. » Les figures qui accompagnent ce texte ne laissent aucun doute qu'il s'agisse d'une segmentation plus ou moins impuissante.

Bobretzky regarde aussi la soudure de deux corps cellulaires qui viennent de s'individualiser comme un fait du développement normal de la *Nassa mutabilis*.

Barrois cite également dans l'embryologie des Némertes des soudures normales de cellules et il y a beaucoup d'autres cas semblables signalés dans divers auteurs.

Je vais décrire la segmentation impuissante de l'Ascidie dans le cas où elle se rapproche le plus d'une segmentation normale et telle que je l'ai souvent observée au stade II. Le sillon ne présente d'abord rien d'anormal, jusqu'à un état comme celui que représente la figure 90, pl. XXI. Mais à ce moment les deux parois du sillon jusque-là intimement appliquées l'une à l'autre s'écartent et laissent entre elles un petit jour ou canal que montre la figure 90, pl. XXI. La formation de ce canal annonce à coup sûr, chez l'Ascidie, la segmentation impuissante qui va suivre et cependant chez d'autres espèces d'animaux et notamment chez les Cténophores les parois des sillons de segmentation sont largement séparées et la segmentation se fait d'une manière complète. A mesure que, sur l'œuf d'Ascidie, le sillon s'enfonce plus profondément, la superficie de l'œuf, au point directement opposé, s'incurve pour venir à sa rencontre (fig. 90 et 91, pl. XXI). Bientôt il ne reste plus entre les deux moitiés du vitellus d'autre liaison qu'un mince filament de protoplasma qui occupe le côté opposé à celui où est apparu le sillon. Les forces qui président à la division cellulaire sont impuissantes à rompre ce filament; après avoir été bien plus délié que ne le représente la figure il s'épaissit, les parois du canal qui lui est sous-jacent s'accolent puis se soudent et peu à peu par un mouvement rétrograde, exactement l'inverse de celui qui lui a donné naissance, le sillon recule et disparaît. La figure 96, pl. XXI représente le sillon en voie de rétrogradation. J'ai dit que les forces qui président à la division cellulaire étaient impuissantes à rompre le filament de protoplasme qui unit les deux blastomères, cependant elles y réussissent quelquefois et alors à l'état de la figure 91, pl. XXI succède celui de la figure 63, pl. XXI; les fragments du mince filament rompu par le milieu, forment deux petits mamelons qui s'affaissent peu à peu et la segmentation n'est pas alors impuissante mais appartient à un type qui forme le passage entre l'impuissance et l'état normal.

Dans d'autres cas qui sont les inverses de ce dernier, le sillon de segmentation ne pénètre dans le vitellus que peu profondément, aux trois quarts, à la moitié ou seulement au quart de

son épaisseur, le sillon peut même se borner à une simple inflexion anguleuse d'un point de la surface comme l'une de celles qui marquent le gros blastomère G de la figure 72, planche XX. Enfin, il peut n'y avoir qu'une inflexion non anguleuse, une sorte de déformation amœboïde et même rien du tout, la segmentation du noyau s'opérant sans que la forme extérieure du blastomère le décèle. Ce dernier cas est depuis longtemps connu comme normal chez beaucoup d'Arthropodes, plusieurs Cœlentérés tels que *Renilla reniformis*, etc. Ce n'est pas autre chose, comme on le voit qu'une segmentation très impuissante.

Si mince que soit le filament de protoplasme qui réunit deux cellules il établit entre elles une *communication importante*. Si on pique en effet l'une des cellules représentées, figure 91, pl. XXI, la mort qui l'envahit se propage à l'autre en suivant le mince filament de protoplasma dans lequel sa marche subit seulement un *petit retard*. Cette solidarité entre deux blastomères non complètement séparés se retrouve dans la segmentation ordinaire : tant qu'il subsiste entre deux cellules une partie de protoplasma non segmenté, la mort, soit naturelle, soit spontanée, de l'une des cellules entraîne nécessairement celle de l'autre.

La division cellulaire joue donc, au moins chez certaines espèces d'animaux, un rôle important qui n'avait pas encore été signalé puisqu'elle rend le sphacèle, ou la mort partielle, possible, fait hautement avantageux pour la conservation de l'individu comme de l'espèce. Les facettes de segmentation jouent par rapport à l'embryon total le même rôle que les cloisons étanches par lesquelles on divise la coque des navires; elles permettent l'avarie et même la perte totale d'un compartiment (une cellule), sans compromettre la sécurité de l'ensemble.

Les facettes temporaires qui distinguent la segmentation impuissante peuvent être orientées d'une manière normale ou être affectées de déviation. Dans ce dernier cas la déviation de la facette reproduit le plus souvent l'un des types qui nous sont déjà connus. Dans le cas de la segmentation très impuissante, bien qu'il n'existe pas de facette temporaire de segmentation, il y a cependant dans le blastomère un plan qui en joue le rôle, c'est celui qu'on peut mener perpendiculairement à la ligne qui joint les deux noyaux d'une même cellule. Ainsi dans la figure 92, pl. XXI, indépendamment de la facette frontale qui est représentée

on peut concevoir dans chacun des blastomères à double noyau une facette virtuelle qui séparerait ces deux noyaux. Ces deux facettes virtuelles forment le plan médian de l'animal et elles ont la même direction que la facette réelle mais temporaire de la figure 91, planche XXI. La considération de ces facettes virtuelles est d'autant plus nécessaire que dans la suite elles peuvent devenir réelles, comme le montre la figure 94 qui représente un stade ultérieur du même œuf.

Ce phénomène est le dernier que je veuille noter; les facettes virtuelles, c'est-à-dire celles qui dans une cellule polynucléée sépare les différents noyaux, peuvent, à un moment donné, devenir réelles, soit toutes, soit plusieurs d'entre elles. C'est là un fait bien connu dans la segmentation normale et que Robin a, je crois, le premier noté dans la genèse des épithéliums. Dans les cas de segmentation bornée au noyau qui appartiennent à l'embryologie normale des Arthropodes, des Cœlentérés, etc., les facettes virtuelles finissent toujours par devenir réelles. De même plusieurs des facettes virtuelles qui séparent les noyaux du vitellus nutritif multinucléé des Squales, des Céphalopodes, etc., deviennent à un moment de l'évolution des facettes réelles. Mais en opposition avec ces faits il existe une grande famille de plantes les algues Syphonées dans lesquelles ces facettes de segmentation restent toujours virtuelles, car ces plantes sont toute leur vie formées d'un seul corps cellulaire polynucléé.

TYPE 9. SEGMENTATION BORNÉE AU NOYAU DÈS LE PREMIER STADE. — Cette anomalie, qui est la plus profonde auquel ce processus puisse donner lieu, consiste en ce que dans un œuf le noyau seul se divise et se multiplie un grand nombre de fois, tandis que le vitellus conserve sa forme arrondie. Dans la suite aucune des facettes virtuelles ne devient réelle et le monstre meurt sans avoir dépassé l'état d'une cellule polynucléée !

TYPE 10. SEGMENTATION IMPUISSANTE AU STADE II, FORME EN GALETTE. — Je vais achever la description de l'œuf représenté dans les figures 90 à 95, pl. XXI, qui m'a servi de type pour la description générale du processus de l'impuissance. Après la disparition du premier sillon, l'œuf devient de nouveau complètement arrondi, mais il diffère de son premier état en ce qu'il possède maintenant deux noyaux, entre lesquels est une facette virtuelle qui

n'est autre que le plan médian ou plan de symétrie reconnaissable dans toutes les stades ultérieurs. Le stade correspondant à IV apparaît après le laps normal de vingt minutes; il se forme une large facette frontale dont chacune des moitiés est homologue à l'une des facettes frontales normale d'un œuf ordinaire (fig. 92, pl. XXI). Le stade correspondant à VIII présente la déviation des facettes équatoriales qui caractérise l'un des types en galette qui nous sont connus. La figure 93 montre ce stade en formation et la figure 94, pl. XXI, le montre achevé. On voit que les quatre blastomères intermédiaires A,p et *A*,*p* sont isolés dans le plan médian par des facettes réelles. Les six blastomères sont même séparés un instant par un petit canal de segmentation qui ne tarde pas à disparaître. L'apparition de facettes réelles dans les blastomères polynucléés continue de se produire aux stades suivants; cette réapparition a toujours lieu au moment où se produisent d'autres divisions cellulaires et confirme ce que j'ai dit touchant la tendance des segmentations à la simultanéité. Ainsi au stade correspondant à XVI (fig. 95, pl. XXI) la cellule terminale a*a*, fig. 94, se divise par un plan horizontal en a^1a^1 et a^2a^2 mais en même temps a^2a^2 se dissocie en a^2 et a^2. De même P*P* se divise horizontalement en P^1P^1 et P^2P^2 mais en même temps P^2P^2 se divise en P^2 et P^2, de sorte qu'il n'existe à la fin de ce stade que deux blastomères à noyau double savoir a^1a^1 et P^1P^1. Une partie de l'anomalie primitive va ainsi en diminuant corrélativement à la multiplication des noyaux. Il semble que la tâche qu'avaient à accomplir les deux premiers noyaux — la formation de la facette médiane — tâche qu'ils ont été impuissants à remplir, devienne relativement plus facile à mesure que les noyaux deviennent plus nombreux. L'anomalie due à l'impuissance va donc en diminuant par le fait même du développement, mais comme elle est compliquée de la déviation des facettes de segmentation, la larve produite n'en est pas moins monstrueuse.

TYPE 11. SEGMENTATION IMPUISSANTE AU STADE II, AUTRE FORME. — Après une première segmentation impuissante (qui est représentée fig. 96, pl. XXI, pendant la rétrogation du sillon médian) il se forme un stade correspondant à IV (fig. 97, pl. XXI); au début de ce stade la facette frontale sépare une grosse et une petite cellule mais dans la suite cette facette disparaît elle-même peu

à peu par une seconde impuissance. Cependant après un nouveau laps de temps de vingt minutes apparaît une nouvelle segmentation et un stade correspondant à VIII (fig. 98, pl. XXI). La figure 99, pl. XXI représente ce stade lorsqu'il est achevé ; il n'y a en réalité que quatre blastomères mais en les comparant avec la figure 94 de la même planche on voit aisément que tous doivent être binucléés, il y a donc huit noyaux. Un peu plus tard les deux blastomères médians se soudent et forment alors une masse unique à quatre noyaux symétriquement disposés. De ces noyaux deux seulement sont dessinés (fig. 100, pl. XXI), parce que les autres ne sont pas visibles sur le vivant ce qui n'a rien de spécial aux monstres, et se retrouve dans les segmentations normales, mais je connais l'existence de ces noyaux pour en avoir fait des préparations ou simplement pour les avoir accidentellement vus sur certains des monstres que j'ai examinés. La suite du développement de cet œuf dont les figures 101, 102 et 103, pl. XXI, représentent seulement quelques épisodes est extrêmement compliquée. Les blastomères terminaux se segmentent plusieurs fois et souvent les cellules produites se resoudent peu après leur apparition, ce qui n'empêche pas la multiplication des noyaux de suivre son cours. Dans le gros blastomère central les noyaux continuent également de se diviser et déterminent plusieurs tentatives de division du protoplasme qui les enveloppe, mais aucune de ces tentatives n'est suivie de succès. Finalement le monstre ne dépasse pas l'état représenté par la figure 104, pl. XXI ; il est formé de trois régions, une moyenne de prostaplasme multinucléé, et deux terminales composées d'un grand nombre de petites cellules uninucléées.

Type 12. Segmentation impuissante pour trois des blastomères du stade IV. — Dans les deux exemples qui précèdent, la segmentation bornée au noyau est plus ou moins localisée; nous allons la voir s'étendre aux trois quarts de la masse totale du vitellus. Le stade II n'a rien présenté de spécial. Au stade IV les deux cellules antérieures sont un peu plus grosses ; mais l'une des facettes frontales, la droite, disparaît peu après sa formation. Au stade VIII (fig. 86, pl. XXI), le blastomère postérieur gauche PG se divise seul d'une manière normale en *P* et *p*. Le blastomère antérieur gauche AG ne se divise pas, et le blastomère droit montre seule-

ment la corne P' bien connue qui caractérise le côté postérieur de l'œuf. Ce blastomère montre aussi quelque tendance à se diviser suivant le plan frontal, mais il finit par retomber au même état. Au stade correspondant à XVI, la cellule P' s'isole un instant (fig. 87, pl. XXI), mais se confond bientôt avec le blastomère dont elle s'est séparée et les cellules *P* et *p* se divisent seules à ce stade (fig. 88, pl. XXI) ainsi que dans les suivants. La segmentation est donc en réalité bornée à un quart du vitellus total. Ce processus conduit à la formation d'une masse cellulaire (fig. 89, pl. XXI) composée d'un feuillet épiblastique recouvrant d'autres cellules qui toutes proviennent du blastomère gauche postérieur du stade IV; ce feuillet épiblastique forme même une légère épibolie sur le blastomère antérieur gauche AG. Il faut remarquer que les blastomères non segmentés AG et D sont parfaitement vivants. Cet état est analogue à celui qui est représenté dans la figure 73, planche XX.

TYPE 13. SEGMENTATION IMPUISSANTE AU STADE VIII. — Au stade VIII la division eut lieu suivant des méridiens et donna naissance à une forme en galette, comme celle représentée fig. 60, pl. XX, qui appartient à un autre œuf; puis les deux cellules A et a se fusionnèrent. Au stade correspondant à XVI, la cellule à double noyau A a résultant de cette fusion tenta de se diviser sans y parvenir; finalement on obtint une masse informe sans organes différentiés.

TYPE 14. SEGMENTATION IMPUISSANTE AU STADE XVI. — Un œuf complètement normal jusqu'au stade VIII parut d'abord se diviser en seize de la manière normale, mais les cellules A^1 et A^2 se fusionnèrent comme le montre la figure 68, planche XX. Un peu plus tard A^1 et A^2 se soudèrent à leur tour, et l'ensemble redevint symétrique. Cet œuf, élevé dans de mauvaises conditions, donna une masse ovoïde dans laquelle les trois feuillets blastodermiques étaient cependant bien distincts.

§ 4. — Monstres par soudure de cellules.

Ces monstres sont très analogues aux précédents et principalement à ceux qu'engendre la segmentation impuissante proprement dite. Ils sont caractérisés durant la période de seg-

mentation par l'existence de blastomères polynucléés résultant non d'un défaut de segmentation, mais d'une soudure de cellules postérieure à la segmentation. Entre les noyaux de ces cellules polynucléées on peut concevoir des facettes virtuelles qui ont le même rôle morphologique et les mêmes propriétés que précédemment.

TYPE 15. SOUDURE DES DEUX BLASTOMÈRES ANTÉRIEURS DU STADE IV. — Le premier sillon de segmentation débute du côté postérieur et, après un stade II normal qui dure vingt minutes, l'œuf se divise en quatre cellules (fig. 81, pl. XXI) dont les deux antérieures sont plus grosses. Ces deux grosses cellules ne tardent pas à se souder, et la facette médiane qui les séparait depuis fort longtemps disparaît et devient virtuelle (fig. 82, pl. XXI). Au stade correspondant à VIII les deux cellules postérieures se divisent équatorialement de la manière normale (fig. 83, pl. XXI), tandis que le blastomère antérieur se divise par un plan frontal. Les cellules postérieures P et *P* montrent les petites cornes P[1] et *P*[1] qui les rendent faciles à reconnaître et assurent l'homologation de toutes les autres. En même temps que le gros blastomère se divise transversalement en deux, sa moitié postérieure se subdivise suivant le plan médian (fig. 84, pl. XXI). La moitié antérieure de l'œuf reproduit ainsi une anomalie qui nous est connue et qui est déjà représentée dans la figure 94 de la même planche. A ce stade il existe donc six cellules simples et un blastomère double; il y a huit noyaux. Au stade suivant, la segmentation se poursuit d'une manière régulière pour le côté postérieur de l'œuf (fig. 85, pl. XXI), tandis qu'au côté anterieur le blastomère à double noyau se segmente seul, horizontalement.

Cet œuf dont l'anomalie est remarquable par sa symétrie, ne donna qu'un amas de cellules sans organes distincts, mais il ne fut peut-être pas mis en culture d'assez bonne heure comme on le voit par la comparaison avec le type suivant.

TYPE 16. SOUDURE DE DEUX BLASTOMÈRES AU STADE IV, AUTRE FORME. — L'exemple que je rapporte maintenant n'a pas été observé dès son début. A l'instant où je trouvai l'œuf (fig. 77, pl. XX), il existait quatre cellules et un plan de symétrie bien marqué qui le fut encore plus dans la suite. Je pense que les deux blasto-

mères qui étaient en train de se souder étaient comme dans le cas précédent les antérieurs, mais n'en ayant pas de preuve décisive, j'assigne aux premières cellules les trois lettres X, Y et Z et je dispose le plan de symétrie de l'œuf verticalement dans les trois figures qui se rapportent à ce monstre. Le sillon du blastomère Z est dans la figure 77 (pl. XX) en voie de rétrogradation. Il finit par disparaître et l'œuf se divise ensuite au temps voulu par un plan équatorial (fig. 78, pl. XX). En même temps, la cellule Z^2 tente de se diviser en deux moitiés droite et gauche, mais n'y peut parvenir. La figure 79 (pl. XX) montre le stade correspondant à XVI; une des moitiés de l'œuf (antérieure ou postérieure?) se segmente normalement, tandis que le côté des Z se divise irrégulièrement et incomplètement. Enfin, après formation d'une gastrula par invagination, cet œuf produisit au bout de vingt-quatre heures une larve un peu difforme (fig. 80, pl. XX) à queue grosse et courte agitée de petits mouvements. On distingue sur cette larve un ectoderme continu, un sac branchio-intestinal, une corde dorsale, une masse mésodermique, mais il n'existe ni système nerveux, ni tache pigmentaire. Le lendemain la larve possédait deux organes de fixation, elle mourut dans cet état.

§ 5. — Monstres par arrêt de segmentation.

L'arrêt de segmentation, phénomène borné en général à quelques cellules, peut apparaître à n'importe quel stade. Toutes choses égales d'ailleurs, cette anomalie est d'autant plus grave qu'elle est plus précoce. Les cellules atteintes ne se segmentent ni dans le corps ni dans le noyau; le processus est donc en lui-même plus grave qu'un simple retard de segmentation ou qu'une segmentation impuissante, mais ce n'est pas à dire pour cela que les monstres produits soient plus difformes, car tout dépend à ce point de vue de la précocité du phénomène tératologique quel qu'il soit. Je commence la description par les cas où l'anomalie apparaît le plus tard.

TYPE 17. ARRÊT DE SEGMENTATION AU STADE VIII. — J'en rapporterai deux cas. Dans le premier cas, l'arrêt porte sur les cellules P et *P*, et j'avais précisément noté au stade VIII l'absence des cornes P^1 et P^1 qui m'avait beaucoup surpris. Ces cornes

sont comme je l'ai dit les précurseurs des cellules P¹ et P^1 qui manquèrent dans ce cas. Cet œuf n'a pas été suivi.

Dans le second cas, que je représente (fig. 66, pl. XX) vu par la face orale, la cellule *A* ne se segmente pas au stade XVI. Cet œuf n'en a pas moins donné une larve très peu difforme (fig. 67, pl. XX), possédant deux taches pigmentaires ou organes sensoriels, une corde dorsale, une queue longue et coudée, un endoderme distinct et un mésoderme formé de petites cellules. Les organes pigmentaires sont superficiels et l'extrémité céphalique montre les organes de fixation. Je ne saurai affirmer que la cellule *A* ne s'est pas segmentée dans la suite avec un retard plus ou moins considérable.

Type 18. Arrêt de segmentation au stade II. — Les cinq figures 72 à 76, pl. XX, ont trait à une observation de ce type. Le début n'a pas été observé, la figure 72 représente le stade correspondant à XVI qui ne compte en réalité que neuf cellules, puisque l'une des moitiés du corps ne s'est pas segmentée, la forme des éléments est du reste assez caractéristique pour permettre l'homologation et comme le montre la notation le flanc droit est le seul segmenté, le flanc gauche étant formé d'une cellule un peu mamelonnée. Un peu plus tard (fig. 73, pl. XX) il s'est différentié un ectoderme continu, formant une sorte de calotte qui enferme les autres éléments, et dont les bords confinent à la cellule non segmentée. Cet ectoderme s'invagine en un point (fig. 74, pl. XX) et, après vingt-quatre heures, on a un jeune embryon recourbé embrassant dans sa concavité le vitellus non segmenté (fig. 75, pl. XX). A cette époque, le côté de la queue est marqué par la présence d'une corde dorsale bien conformée, formée d'une seule rangée de cellules dont la dernière va toucher l'ectoderme et le vitellus non segmenté; le côté céphalique ne présente pas d'endoderme nettement différentié autour d'une cavité archentérique. Après trente-six heures (fig. 76, pl. XX), le développement est plus avancé et correspond au stade larve; la corde a subi la transformation vésiculeuse, l'ectoderme continu se soude toujours à ses deux extrémités sur le vitellus non segmenté et, du côté céphalique, on voit nettement de petites cellules mésodermiques interposées entre les deux autres feuillets blastodermiques. Toute la masse bien vivante est animée de trépidations

brusques que détermine la contraction de fibres musculaires enveloppant la notocorde. Ce demi-individu droit ne possède aucun organe pigmentaire mais, dans une observation très semblable, la larve également recourbée sur le vitellus non segmenté possédait une tache pigmentaire sensorielle.

TYPE 19. SEGMENTATION ARRÊTÉE DÈS LE DÉBUT. — Ce cas est évidemment le plus grave. L'œuf vit, mais ne segmente ni dans son noyau, ni dans son corps cellulaire. J'ai mis de côté, pour les observer, de pareils œufs sur lesquels la segmentation ne s'était pas produite au temps voulu, c'est-à-dire deux heures après la ponte ou environ, et je les ai conservés *vivants* pendant deux jours sans trace de segmentation. Au bout de ce temps, j'ai piqué quelques-uns de ces œufs avec un aiguillon de verre et j'ai déterminé immédiatement le trouble et la coagulation caractéristiques de la mort.

§ 6. — Monstres par sphacèle ou fractions d'individus.

Les faits qui me restent à étudier ne sont autre chose que des monstruosités résultant du sphacèle spontané de une ou plusieurs cellules. Les cellules frappées de mort ont un aspect caractéristique : elles sont granuleuses, opaques et blanches à la lumière réfléchie. Leur consistance est beaucoup plus ferme lorsque la coagulation cadavérique est complète que celle des cellules vivantes ; elles conservent par suite durant le cours du développement une forme invariable. Cette forme, dans laquelle la coagulation les a surprises, est arrondie dans toute l'étendue de la surface libre, mais creusée de cupules et hérissée de crêtes sur la surface en contact avec les cellules vivantes (fig. 114, pl. XXII). Ces crêtes et cupules résultent d'impressions reçues au moment de la mort et fixées par la coagulation ; ainsi, les deux cupules qu'on voit dans la figure 114, ont été faites au stade correspondant à XXI. Dans l'individu représenté par les figures 127 à 129, planche XXII, la mort ayant été plus précoce il n'y a sur le blastomère granuleux qu'une seule cupule résultant de l'impression de la cellule vivante au stade II. Le sphacèle spontané n'arrive pas d'une manière absolument soudaine, comme celui que détermine le traumatisme ; on voit la cellule atteinte devenir peu à peu granuleuse et *plus molle*. Elle cesse de se segmenter et s'étale à la surface

des autres cellules qui auprès d'elle paraissent sphériques et rebondies. Les facettes de contact entre la cellule malade et les vivantes deviennent convexes du côté de la malade et se transforment en autant de petites cupules que fixe ensuite la coagulation. Souvent la mort spontanée d'une cellule a été précédée, longtemps à l'avance, par d'autres processus hémitériques tels que segmentation tardive, irrégulière, etc. L'œuf peut périr par sphacèle total avant toute segmentation, mais le plus souvent il n'est frappé que durant les premiers stades. Les éléments épargnés continuent d'évoluer et sont d'abord peu entravés par le voisinage de la partie morte, souvent même ils se détachent complètement de celle-ci et subissent un déplacement ou une rotation qui rompt entièrement le rapport primitif qu'ils avaient avec elle (fig. 106, pl. XXI). Ce déplacement de la partie vivante du vitellus segmenté est rendu possible par le défaut d'adhésion entre ce qui est mort et ce qui est vivant et par la présence du liquide périlarvaire dans lequel flottent toutes ces parties.

Consécutivement au sphacèle d'une partie de l'œuf segmenté, les éléments demeurés vivants subissent divers glissements les uns sur les autres, et les facettes de segmentation qui apparaissent ultérieurement n'ont plus leur orientation normale. Ces glissements et ces déviations sont constants pour chaque sphacèle et peuvent être reproduits expérimentalement, comme nous le verrons dans la quatrième partie de ce mémoire. Il est remarquable que, même dans les cas de sphacèle étendu, atteignant la moitié ou les trois quarts de l'œuf segmenté, le reste du vitellus puisse encore se développer et donner naissance à une sorte de larve dans laquelle on distingue les troits feuillets blastodermiques et différents organes. Dans l'anatomie de ces monstres la position et les rapports des organes sont plus variables que leur nombre, lequel paraît soumis à cette règle constante que les organes qui, dans l'embryologie normale seraient provenus d'une cellule déterminée, manqueront au monstre dans lequel cette cellule s'est sphacélée. De là on tire aisément la conclusion (que je ne crois valable que pour l'Ascidie et les animaux, dont les blastomères sont différenciés de bonne heure), que chaque blastomère contient en puissance certaines parties dont sa mort entraîne la perte irrémédiable et que les différentes parties de l'animal sont préformées dans les différentes parties de l'œuf. L'étude des segmentations

impuissantes et incomplètes conduit aux mêmes résultats, car peu importe qu'une cellule soit morte ou que, étant demeurée vivante, elle ne se segmente pas, ou que son noyau seul se multiplie, le résultat est toujours le même ; une fraction seulement de l'individu morphologique total est dans chaque cas produite. C'est pour cela que j'ai appelé les monstres par sphacèle des *fractions d'individus.*

Avant d'aborder l'étude de ces monstres et pour éviter de nombreuses redites je vais exposer tout ce qui a trait à la déviation des plans de segmentation causée par la mort des cellules, et faire connaître les lois de cet intéressant et inexpliqué phénomène.

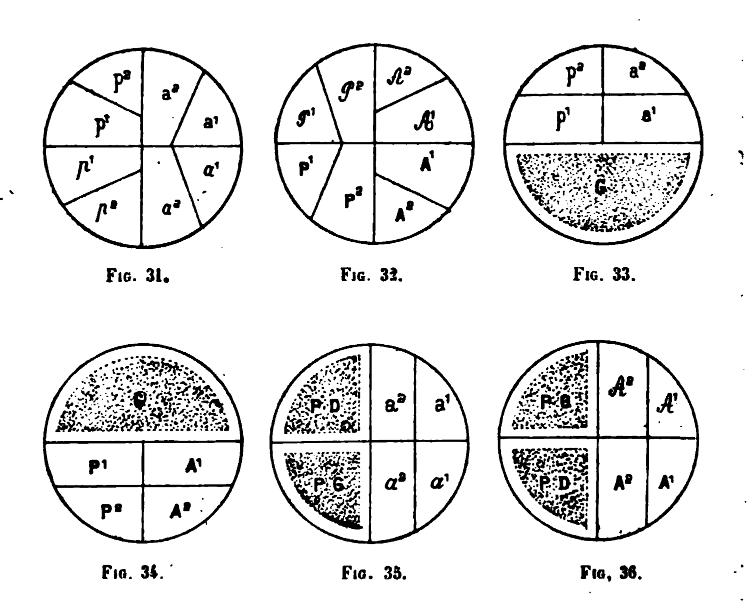


FIG. 31. FIG. 32. FIG. 33.

FIG. 34. FIG. 35. FIG. 36.

La mort étant survenue au stade II, les facettes frontales et équatoriales (dirigées perpendiculairement à la cellule morte) ne sont pas déviées, mais les facettes méridiennes diagonales, sont dans les deux hémisphères de l'œuf, dirigées parallèlement au plan médian, c'est-à-dire, parallèlement à la cellule morte comme le montrent les figures 33 et 34 ci-dessus. Les figures 31 et 32 représentent l'œuf normal vu par ses pôles aboral et oral. La figure 33 montre l'orientation des facettes a^1 a^2 et p^1 p^2 au pôle aboral et la figure 34 montre le même œuf vu par l'autre pôle.

Si la mort survient au stade IV et frappe les deux cellules postérieures PG et PD (fig. 35 et 36) les facettes équatoriales sont sur les cellules survivantes dirigées de la manière normale, mais les facettes méridiennes deviennent transversales, c'est-à-dire, parallèles aux cellules mortes comme le montrent les figures 35 et 36. Si les deux cellules antérieures avaient été frappées, les postérieures montreraient un état analogue, enfin si deux cellules latérales étaient mortes, nous retomberions dans le cas du sphacèle au stade II. *La facette méridienne déviée est donc dans tous les cas parallèle à la cellule morte.*

TYPE 20. SPHACÈLE AU STADE II. DEMI-INDIVIDU. — La mort peut au stade II frapper soit la cellule droite, soit la cellule gauche et il en résulte deux sortes de monstruosités qu'il importe d'autant plus de distinguer que nous savons que les deux blastomères n'ont pas exactement la même descendance, puisque la larve d'Ascidie est asymétrique. Toutefois, pour éviter des redites inutiles, je réunirai les deux descriptions en une seule. Après une segmentation antéro-postérieure normale, une des moitiés de l'œuf meurt, la cellule demeurée vivante s'arrondit (fig. 127, pl. XXII) et pénètre un peu à l'intérieur de la morte. Vingt minutes plus tard, c'est-à-dire au temps normal, elle se divise par un plan frontal bien orienté (fig. 128, pl. XXII). Après un nouvel intervalle de vingt minutes, survient la segmentation équatoriale. Les facettes de la division équatoriale se dirigent normalement et rencontrent le plan frontal à des hauteurs inégales, précisément comme cela a lieu pour les œufs ordinaires. La vue latérale est donc la même que dans la segmentation normale comme le montre la figure 105, pl. XXI, qui représente un autre œuf vu de profil et un peu par la face aborale. D'après ce qui précède, l'homologation des cellules et par suite la distinction entre les demi-individus droits et les demi-individus gauches est facile au stade VIII par l'examen du profil de l'œuf, mais s'il restait quelque incertitude, elle disparaîtrait au stade suivant, parce que la petitesse du blastomère P^1 le fait toujours reconnaître. A ce stade (correspondant à XVI bien qu'il ne compte que huit cellules vivantes) la division méridienne a toujours lieu parallèlement au plan médian, conformément à la règle posée plus haut. Au delà, l'arrangement des cellules est trop variable pour mériter une

description, il conduit dans tous les cas à la formation d'une blastula pleine (et non d'une blastophère) qui s'aplatit, se creuse en coupe et donne ainsi naissance à un ectoderme et à un endoderme (fig. 129, pl. XXII). La gastrula ne se forme pas toujours d'une manière aussi simple, il y a parfois épibolie incomplète et l'ectoderme n'arrive pas à recouvrir toute la masse centrale endodermique. Le blastopore se présente alors (fig. 109, pl. XXII) comme une sorte d'éventrement de l'ectoderme au travers duquel fait saillie un champignon ou bourgeon endodermique irrégulier. Il se forme dans la larve monstrueuse une corde dorsale qui peut être longue et forte (fig. 111, pl. XXII) ou courte et rabougrie (fig. 110, pl. XXII), mais qui est toujours enveloppée de muscles qui lui communiquent des mouvements saccadés. Si la corde dorsale est longue, elle détermine la formation d'une queue parfois très régulière et d'autres fois repliée et adhérente au tronc. Si la corde est courte elle reste confondue dans la masse totale qui est ovoïde. Dans tous les cas, les mouvements de la queue sont moins énergiques que dans les larves normales et ces monstres ne peuvent rompre en temps opportun les enveloppes de l'œuf, ce qui devient pour eux une cause d'arrêt de développement et de mort.

Je n'ai jamais vu se former d'invagination neurale et toujours le système nerveux reste étalé sous forme de lame. L'existence du système nerveux est prouvée par les mouvements de la queue tandis que sa situation superficielle est démontrée par la situation superficielle de la tache pigmentaire sensorielle. Cette tache ordinairement unique, occupe la face morphologiquement médiane, c'est-à-dire la face gauche des demi-individus droits et la face droite des demi-individus gauches. L'organe sensoriel n'atteint jamais une structure plus élevée qu'une simple cellule pigmentaire, située, dans le cas où la queue existe, à la base de cet organe, d'un côté qu'il faut vraisemblablement appeler ventral. Si le monstre vit pendant quelques jours, la tache pigmentaire se dissocie en plusieurs îlots indépendants qui s'éloignent légèrement les uns des autres et finissent par se résorber peu à peu.

Il n'existe qu'un seul organe de fixation qui est terminal et céphalique si la forme générale est celle d'une larve. Il est, en général, facile à reconnaître. Il ne se forme jamais deux inva-

ginations atriales mais il peut y en avoir une. La forme générale dépend surtout du plus ou moins grand développement de la corde et de l'état éventré ou continu de l'ectoderme. Il m'a paru que sur les demi-individus droits la corde est en général mieux développée.

Sphacèle au stade IV. — Comme il existe quatre blastomères et que chacun peut offrir deux modalités (être mort ou vivant) cela fait $2^4 = 16$ espèces possibles dont une seule est normale. Retranchant également le cas où toutes les cellules sont mortes il reste quatorze espèces monstrueuses différentes dans lesquelles une, deux ou trois cellules sont frappées. Il est probable que la nature réalise tour à tour tous ces cas mais je n'en ai rencontré cependant que quelques-uns dont je rapporterai brièvement l'histoire.

Type 21. Trois quarts d'individu gauche et postérieur. — J'appelle ainsi un être dans lequel meurt au stade IV la cellule antérieure droite. La figure 112, pl. XXII représente l'un de ces monstres au stade VIII et on voit que la vue de profil du côté sain n'offre rien de spécial. L'animal est vu par le côté gauche. La figure 113, pl. XXII représente le même individu au stade correspondant à XXIV. Après formation d'une blastula qui n'est pas représentée, celle-ci s'incurve en gastrula que montre la figure 114, pl. XXII. La même figure montre les impressions cupuliformes de la cellule morte. Enfin la larve dessinée dans la figure 115, pl. XXII a une forme générale assez bonne, une corde dorsale bien développée, deux taches pigmentaires voisines situées sur le flanc droit, un petit endoderme massif et des globules mésodermiques arrondis. La présence de muscles dans la queue est attestée par les mouvements dont celle-ci est agitée.

Sur une autre larve appartenant à la même espèce tératologique, la forme générale est moins bien conservée (fig. 45, pl. XIX), mais il existe deux organes de fixation à l'extrémité céphalique et une involution atriale pleine; la corde est repliée en forme d'U.

Type 22. Deux quarts antérieur. — J'appelle ainsi un être résultant du développement des deux cellules antérieures du stade IV. La figure 116, pl. XXII représente un pareil monstre au stade correspondant à XVI et vu par le bout antérieur. Les cel-

lules mortes qui seraient situées sur un plan postérieur ne sont pas représentées. On remarque que les facettes méridiennes sont dirigées transversalement conformément à la règle posée. Au stade correspondant à XXIV (fig. 117, pl. XXII) les cellules de l'hémisphère aboral se sont seules divisées. Enfin la figure 118, pl. XXII montre un état extrêmement curieux que je n'ai observé qu'une seule fois. Le monstre est maintenant âgé de 11 heures. La corde dorsale bien développée est entièrement à nu dans le liquide périlarvaire et repose sur un amas irrégulier de cellules arrondies qui sont probablement le mésoderme caudal. Le reste de la larve est représenté par un sac branchio-intestinal creux enveloppé d'un ectoderme éventré en arrière. Plus tard la notocorde subit la transformation vésiculeuse et il se forme un organe de fixation au niveau du point marqué Me. Sur un autre individu il se forma une vésicule cérébrale bien définie mais ne contenant qu'une seule tache pigmentaire.

Type 23. Deux quarts d'individu postérieur. — Je n'ai représenté aucun de ces monstres bien que j'en possède, comme de toutes les autres espèces, de nombreux dessins. Les deux quarts d'individu postérieur résultent du développement des deux cellules postérieures du stade IV; ils sont moins parfaits que les deux quarts d'individu antérieurs. Je n'ai jamais vu de vésicule cérébrale ni de corde dorsale, mais les trois feuillets du blastoderme sont toujours bien développés.

Type 24. Deux quarts diagonaux soudés. — Ces êtres résultent du développement de deux cellules du stade IV, prises sur une même diagonale. Les cellules qui forment l'autre diagonale meurent, s'écartent et laissent les deux vivantes s'accoler largement. La première segmentation qui survient a lieu de la manière normale dans le plan équatorial. Une larve très curieuse âgée de un jour et demi et résultant de ce processus est représentée figure 119, pl. XXII. Le tronc est peu déformé, la queue est grosse, courte et mobile mais cependant agitée de mouvements qui ont été insuffisants pour rompre les membranes de l'œuf. L'animal est de petite taille, la corde dorsale est représentée par quelques grosses cellules contenues dans l'axe de la queue. Le sac branchio-intestinal est recourbé en forme de croissant et sépare deux amas de petites cellules mésodermiques. Il existe un appareil de

fixation terminal mais pas de système nerveux invaginé, ni de tache pigmentaire. A côté de la larve sont dessinées les deux cellules mortes au stade IV; l'ensemble est enveloppé par la fine membrane du testa parsemée de cellules jaunes.

Type 25. Deux quarts d'individu diagonaux disjoints. — Ces singulières formations ont aussi leur origine dans le sphacèle au stade IV de deux cellules situées aux extrémités d'une même diagonale; mais les deux cellules demeurées vivantes se développent, chacune pour son compte, sans s'accoler. Il résulte de leur multiplication deux petites masses arrondies (fig. 123, pl. V), segmentées, pleines ou creuses, dont chacune paraît avoir la valeur morphologique d'un quart de l'individu total. J'ai vu parfois chacune de ces petites masses être différentiée en deux couches, une externe épiblastique continue ou non, et un amas de cellules internes endoblastiques, mais le développement n'a jamais été au delà.

Type 26. Sphacèle a un stade avancé. — Dans le cas représenté figure 120, planche XXII, une cellule est morte au stade gastrula : elle forme une sorte de bouchon ou de clou qui obstrue le blastopore. D'autres fois un grand nombre de cellules de la blastophère périssent (fig. 121, pl. XXII), et celles qui demeurent vivantes sont dissociées et ne continuent que très peu de temps à se développer. Au contraire lorsque la mort ne frappe que très peu de cellules à un stade avancé, l'évolution est à peine troublée. Ainsi la figure 122, planche XXII, représente une larve sur laquelle la formation du canal neural est presque achevée; de chaque côté de la ligne médiane dorsale et symétriquement une cellule ectodermique s'est sphacélée; cet accident n'est pas représenté au moment de sa formation qui a eu lieu bien plus tôt, pendant l'invagination de la gastrula à un instant où les deux cellules, fort écartées l'une de l'autre, se trouvaient sur le bord du blastopore. Le développement n'en a pas moins contiuué normalement jusqu'au stade représenté et a finalement donné une larve normale.

Type 27. Larve a queue bifide. — A côté des monstruosités que je viens de décrire et dont j'ai suivi le mode de formation, j'en ai rencontré d'autres dont l'origine m'est inconnue, mais

qui présentaient plus ou moins les mêmes caractères, il est inutile de les décrire. Je ne ferai d'exception que pour une larve remarquable, dont la corde dorsale était bifide en arrière et qui par suite possédait deux queues, anomalie qui confirme pleinement mon opinion sur la duplicité primitive de la corde dorsale. J'ai dessiné cet animal sous toutes ses faces, mais je ne reproduis que deux de ces vues (fig. 29 et 36, pl. XIX). Il existe deux queues anatomiquement distinctes, mais réunies par une mince membrane formant une sorte de palmure. Elles ne sont pas situées dans un même plan, comme pourrait le faire croire la figure 29 qui représente l'une d'elles en projection. La corde dorsale est simple dans le tronc et immédiatement appliquée à la face interne de l'ectoderme. L'endoderme et le mésoderme, qui n'ont pas été représentés pour éviter des superpositions de contour, étaient bien développés. Superficiellement il existe deux taches pigmentaires situées sur le tronc, au voisinage de l'insertion de la queue, c'est-à-dire à la place habituelle qu'elles occupent chez tous les monstres dont le système nerveux n'est pas invaginé.

IV

TÉRATOLOGIE EXPÉRIMENTALE

De toutes les monstruosités que je viens de décrire, je n'ai réussi à reproduire expérimentalement et d'une manière courante que celles du dernier groupe, c'est-à-dire les monstres par sphacèle. J'ai décrit longuement dans la première partie de ce mémoire les moyens mis en œuvre dans ce but, il me reste à faire connaître les résultats obtenus.

Le sphacèle que détermine dans une cellule d'*A. aspersa*, la piqûre d'un aiguillon de verre n'a pas tous les caractères du sphacèle spontané. Il est beaucoup plus rapide; à peine l'aiguillon a-t-il pénétré que, après un instant d'hésitation, la cellule atteinte se trouble et devient opaque. Entre la pénétration de l'aiguillon et la première manifestation du trouble, il s'écoule un temps variable qui va parfois à une minute, mais dès qu'apparaissent les premières traces d'opacité, l'état granuleux se généralise avec une grande vitesse. Le spectacle inattendu qu'on a sous les yeux est extrêmement curieux, il rappelle à un haut degré l'expérience, si connue en physique, de la cristallisation des solutions hypersaturées. De même qu'une solution limpide et sursaturée de sulfate de soude se transforme soudainement en une masse solide cristalline, d'aspect tout différent, par le simple contact d'une baguette de verre, de même le protoplasma primitivement transparent de la cellule devient brusquement, au contact de l'aiguillon, et pour si peu que celui-ci ait pénétré, une masse granuleuse opaque. Je ne sais s'il est possible de piquer une cellule de *A. aspersa* sans la tuer et cela est en tout cas fort difficile, mais la mort n'est pas une suite nécessaire de la piqûre de toute cellule car l'effet de ce traumatisme est tout différent sur les blastomères des œufs d'oursin comme nous allons

le voir. Diverses observations me portent au contraire à croire que la sensibilité merveilleuse des cellules d'Ascidie est une exception. Quoi qu'il en soit, la piqûre entraîne pour ces éléments, une mort rapide que j'attribue à l'action de l'eau de mer qui mouille l'aiguillon ou pénètre à sa suite. Ce sont les faits observés sur les œufs de *Strongylocentrotus lividus* qui me suggérent cette hypothèse. Sur ceux-ci la pénétration de l'eau de mer à la suite de la piqûre est manifeste comme le montre la figure 135, pl. XXII. Cette eau forme après le retrait de l'aiguillon une vésicule (fig. 136, pl. XXII) qui est à peu près absorbée par le protoplasma sans causer d'accident. Je pense que ce liquide inoffensif pour les blastomères des œufs d'oursin est mortel pour ceux des Ascidies. La cellule morte est d'abord molle et flasque, dans cet état elle s'étale et se moule sur les voisines et la coagulation la surprend avec des formes analogues à celles que j'ai décrites pour le sphacèle spontané. La rapidité de l'envahissement granuleux est telle qu'il m'a été impossible de juger s'il débutait au niveau de l'aiguillon et cette vitesse s'explique aisément si elle est due à l'infiltration de l'eau de mer par diffusion, car j'ai montré, dans d'autres recherches d'ordre purement physique, que la vitesse de la diffusion entre deux corps hétérogènes est, dans les premiers instants du contact, extrêmement rapide.

Les premiers phénomènes qui suivent le sphacèle provoqué ne diffèrent pas de ceux qui suivent la mort spontanée. Les éléments non atteints vivent et se multiplient en suivant les mêmes lois, c'est-à-dire que par défaut d'appui ils glissent les uns sur les autres et que certaines facettes de segmentation sont déviées suivant les règles que j'ai fait connaître. Finalement, il se forme des fractions d'individu, c'est-à-dire, des monstres auxquels manquent certains organes que l'on peut désigner d'avance.

Les observations de monstres artificiels que je vais rapporter me paraissent intéressantes à plusieurs points de vue, mais il ne faut pas s'attendre à déterminer de semblables productions avec les œufs de n'importe quel animal. La méthode du traumatisme cellulaire ne doit pas, en effet, conduire toujours aux mêmes résultats et tandis que plusieurs personnes pourraient voir dans mes expériences la preuve décisive que l'animal est préformé dans l'œuf et chaque partie de l'animal préformée dans une partie de l'œuf, je tiens à éloigner cette conclusion trop absolue. Si on

considère, en effet, un animal comme l'hydre d'eau douce dont Tremblay n'a pu mutiler l'adulte, d'une manière définitive et durable, par aucun traumatisme, il est bien probable que ce qui est impossible pour l'adulte, l'est aussi pour l'embryon. Les fractions d'individus sont, sans doute, des monstruosités spéciales aux animaux doués d'un faible pouvoir réparateur; leur existence exprime, en fait, que ce pouvoir est nul ou très limité chez l'embryon. On ne saurait donc conclure avec sécurité de l'œuf d'Ascidie à celui des autres animaux, mais, en ce qui concerne celui-ci, il est exact de dire qu'il se comporte comme s'il contenait en puissance un seul adulte déterminé et que chaque partie de l'œuf contînt une partie de cet adulte.

Il est à peine nécessaire d'insister sur l'importance d'une pareille proposition. Hallez, dans ses remarquables recherches sur l'œuf des insectes, et d'autres auteurs, sont arrivés à des résultats analogues, mais l'étude des faits normaux, si heureusement choisis qu'ils puissent être, entraîne moins la conviction que celle des faits expérimentaux qui peuvent être variés de nombreuses manières. Toutes les expériences, toutes les mutilations qu'on fait subir à un œuf normal, contribuent, en effet, à dévoiler sa structure, et c'est certainement là une des plus belles recherches que le naturaliste puisse se proposer.

En ce qui concerne l'*A. aspersa*, j'ai reconnu avec sûreté que chacune des moitiés de l'œuf (pris au stade II) contenait en puissance une corde dorsale. L'anatomie comparée, comme je l'ai fait voir, témoignait déjà de la duplicité primitive de cet organe, puisque la corde de l'*Ascidia canina* et celle des Botrylles sont formées de deux rangées de cellules; la tératologie parlait dans le même sens, par suite de l'existence de larves à double queue c'est-à-dire à notocorde bifide; l'embryologie normale donnait encore le même enseignement en montrant que le rudiment de la corde est formé de deux rangées de cellules alors même que cet organe n'en compte plus tard qu'une seule, et avec ce surcroît de preuves, on peut dire qu'il n'était pas besoin de la tératologie expérimentale pour faire accepter la duplicité typique de la notocorde. Mais, qu'est-ce qu'une duplicité *typique?* La tératologie nous donne une connaissance bien plus déterminée et précise, car elle montre que la corde est double, non pas *virtuellement* chez un être de raison, qui s'appelle Genre ou

Famille, mais double réellement et actuellement dans tout œuf et que chacune des cellules du stade II contient en puissance l'une des moitiés de cet organe. Dans le développement normal l'une des moitiés avorte ou se confond inextricablement avec l'autre, mais la fabrication des demi-individus, l'élevage pour ainsi dire dissocié de chaque moitié de l'œuf, montre que ces deux moitiés ont, à ce point de vue, la même structure fondamentale.

J'arrive au même résultat en ce qui concerne la tache pigmentaire dite œil. Cet œil est normalement simple sur l'Ascidie, mais l'anatomie comparée et la tératologie témoignaient déjà de sa duplicité primitive, comme je l'ai montré plus haut. L'expérience fait plus, elle montre que chacune des cellules du stade II contient réellement un œil et donne le moyen de le faire développer. Il ne s'agit plus ici d'une conclusion par analogie qui dote virtuellement l'animal d'un second œil qu'en fait il ne possède pas, il s'agit de deux yeux réels que l'on fait apparaître à volonté. Normalement un œil de ce genre, le droit, se développe, mais il y a dans le côté gauche du corps un rudiment d'un autre œil que l'expérimentation met en évidence. Le fait anatomique est celui-ci, les demi-individus gauches peuvent comme les demi-individus droits, présenter une tache pigmentaire oculaire : ce fait n'admet que deux explications, ou il y a réparation de toutes pièces (comme dans le bourgeonnement d'une patte d'écrevisse, d'une queue de lézard, etc.), ou il y a développement d'un rudiment préexistant. En faveur de la première hypothèse je ne vois guère d'arguments, car si la cellule gauche du stade II possédait un semblable pouvoir de réparation pourquoi serait-il limité au seul bénéfice de l'œil? Pourquoi ne verrait-on pas aussi se reformer l'otolithe et l'atrium droit et en général tout le côté droit du corps? L'hypothèse opposée a pour elle les raisons générales que j'ai déjà données et elle paraît confirmée par ce fait que la cellule qui au stade VIII contient en puissance cet œil anormal est précisément l'homologue de la cellule qui contient l'œil normal. En résumé, je considère la formation d'une tache pigmentaire sur les demi-individus gauches comme démontrant qu'un rudiment de cette tache existe dans tous les cas dans le blastomère gauche du stade II.

Considéré au point de vue de la simple embryologie normale

le traumatisme des blastomères constitue une nouvelle méthode de recherche anatomique. Dès lors en effet qu'il suffit de tuer la cellule initiale d'un organe pour supprimer celui-ci, il devient possible de déterminer mieux qu'il n'a été fait jusqu'ici le rôle des différents blastomères. Quelque attention qu'on puisse mettre à suivre au microscope, par transparence ou par la méthode des coupes la descendance successive d'une cellule, il arrive un instant où la confusion devient inévitable et où, à cause du nombre même des cellules, il faut renoncer à tracer leur histoire individuelle et la remplacer par celle de groupes cellulaires tels que les feuillets blastodermiques et plus tard les organes. L'embryologie reste cependant incomplète si elle ne nous fait pas connaître quelle est entre toutes les cellules du stade XXXII celle (ou celles) qui doit produire un organe donné, l'otolithe par exemple; la même question se pose pour tous les organes et pour tous les stades de la segmentation car l'histoire du développement a pour tâche de faire la généalogie complète de toutes les cellules de l'adulte. Dans l'état actuel de la technique de la dissection et des coupes nous ne pouvons évidemment atteindre ce résultat, mais l'observation des monstres, fractions d'individu, permet de faire un nouveau pas dans cette direction. Cette étude m'a montré que l'œil et l'otolithe qui appartiennent au côté droit du corps doivent se trouver dans la descendance, le premier de la cellule droite antérieure du stade IV et le second dans la descendance de la cellule droite postérieure. Comme on sait d'ailleurs que ces deux organes sont ectodermiques il en résulte qu'au stade VIII ils ont respectivement pour initiales a et p. J'ai déterminé de la même manière par la comparaison de diverses monstruosités que les trois organes de fixation sont, au stade IV, contenues dans les deux cellules antérieures. Au contraire la corde est produite à la fois par les cellules antérieures et postérieures.

Pour apprécier convenablement à ce point de vue les observations tératologiques et tirer leurs véritables conclusions, il faut remarquer que l'absence d'un organe chez un individu traumatisé est en soi un caractère de peu d'importance. Chez les monstres naturels comme chez les monstres artificiels, un organe peut manquer (ou ce qui revient pratiquement au même, être méconnaissable) sans que la cellule initiale ait été détruite. Au contraire la présence d'un organe est un caractère positif de

grande valeur. Je prends, par exemple, un œuf au stade IV et je détruis la cellule gauche postérieure; le monstre qui en résulte étant dépourvu d'otolithe je n'en conclurai cependant pas que celui-ci se développe aux dépens de la cellule gauche postérieure, car l'absence d'otolithe pourrait être expliquée par l'importance même d'un trausmatisme qui a troublé le développement de toutes les parties. Mais si dans une série d'expériences je détruis au stade IV la cellule droite antérieure et si je constate, ne fût-ce que sur un seul élève, la présence de l'otolithe je suis bien forcé d'avouer que le rudiment de cet organe n'était pas dans la cellule droite antérieure, j'exclus ainsi avec sûreté l'une des quatre cellules et opérant de même sur les autres j'établis que l'otolithe est réellement produit par la cellule droite postérieure. En réalité la preuve directe et la preuve par élimination s'offrent un contrôle réciproque, mais je crois que la seconde offre de meilleures garanties.

Les effets de la piqûre ne sont pas absolument constants; tout d'abord les œufs ne se ressemblent pas tous, mais supposant qu'on n'agisse que sur des œufs normaux, la piqûre et les manipulations qu'elle nécessite peuvent déterminer la compression et le choc d'un blastomère qu'on ne voulait pas atteindre et ces accidents d'expérimentation déterminent une assez grande variété dans les résultats obtenus. En fait on obtient dans une même série d'expériences tous les états entre un bourgeon cellulaire informe et une larve présentant des organes bien développés. Tout dépend de l'adresse et, il faut le dire, du bonheur de l'expérimentateur, mais tandis qu'aucune limite inférieure n'est assignée à l'échec, il y a toujours un degré maximum de complexité anatomique que le monstre ne dépasse pas, même dans l'élevage le mieux conduit. Supposons par exemple qu'au stade IV on ait détruit la cellule postérieure droite, dans ce cas la larve la plus belle qu'on puisse obtenir possédera une corde dorsale, des organes de fixation, une tache oculaire, etc., mais toujours elle sera privée d'otolithe. Si l'expérience est moins heureuse, la corde dorsale, l'œil, les organes de fixation pourront manquer soit individuellement soit tous ensemble, aucune limite inférieure n'étant assignée à cet avortement, mais la limite supérieure est en tous cas fixée et c'est elle qui caractérise le résultat de l'expérience.

Monstres d'Ascidies produits par traumatisme sans sphacèle. — Les monstres artificiels qui résultent de la mort d'un ou plusieurs blastomères sont les seuls que je veuille décrire dans ce travail, mais j'ai pu obtenir également des monstres par des traumatismes moins considérables et n'entraînant pas de sphacèle. Les effets du traumatisme sont du reste très différents, selon les animaux et selon d'autres circonstances que je n'ai pas encore analysées. Sur l'œuf de *Strongylocentrotus lividus*, la piqûre d'une cellule détermine très rarement sa mort, mais elle occasionne facilement soit une segmentation impuissante, soit une déviation du plan de segmentation. Avec les œufs d'Ascidie on peut également obtenir des monstres par la compression et le pétrissage.

Moyens connu des produire des monstres. — De tous ces procédés tératogéniques la piqûre cellulaire est le seul qui m'appartienne en propre, mais il n'est pas inutile de rappeler qu'il en existe encore beaucoup d'autres de valeur très diverse. Mon intention n'est pas de les énumérer tous, je rappelerai seulement les principaux. Dareste emploie quatre méthodes qui sont : 1° l'incubation artificielle des œufs de poule dans la situation verticale ; 2° l'application partielle sur la coquille d'un vernis imperméable à l'air ; 3° l'incubation à des températures un peu supérieures ou inférieures à la normale ; 4° l'échauffement inégal de l'œuf. Le défaut de retournement pendant l'incubation des œufs est aussi une cause d'arrêt de développement dont il a, avec Fol, signalé l'importance.

Lereboullet, dans ses intéressantes recherches sur les monstruosités du brochet, a reconnu que le froid, la chaleur, l'air confiné, l'eau courante ou stagnante, l'eau spermatisée, le brossage des œufs avec un pinceau, n'étaient pas sans influence sur la production des monstres ; mais l'auteur insiste sur l'inconstance de tous ces moyens et hésite à attribuer les résultats obtenus aux manœuvres dont l'œuf a été l'objet plutôt qu'à la simple spontanéité. Les conclusions de son travail sont empreintes d'un fort scepticisme à l'égard de la tératogénie artificielle, et l'auteur est surtout frappé du fait qu'il y a des œufs qui sont monstrueux *quand même* et quelles que soient les conditions d'élevage. Je partage absolument cette dernière manière de voir, mais je suis convaincu que Lereboullet a par les moyens qu'il a mis

en œuvre réellement déterminé certains monstres aux dépens d'œufs normaux. Si le nombre de ceux qu'il attribue à sa propre intervention est si faible, cela tient sans doute au défaut de ses statistiques dans lesquelles il fait figurer, à côté de cinq ou six monstres des centaines d'œufs gâtés. Ces œufs gâtés devaient contenir nombre de monstres qu'il a rejetés parce qu'il ne pouvait distinguer ceux-ci qu'après le deuxième ou le troisième jour. Les intéressantes statistiques qu'il a publiées ne portent donc en réalité que sur des monstres viables au moins pendant deux jours. Le brossage des œufs tel qu'il le pratiquait n'entraînait certainement pas des traumatismes comparables à ceux de mes piqûres, et dans plusieurs cas paraît même avoir été favorable au développement de l'œuf en le débarassant des impuretés extérieures.

Je ne rappelle que pour mémoire les essais tentés par divers auteurs avec des courants électriques, des aimants, des chocs, le tapottement, etc., etc. Par tous ces moyens, qui n'ont pas tous été suivis d'un égal succès, on n'a produit que des monstruosités qu'on ne pouvait pas *annoncer à l'avance.*

Il faut arriver aux travaux de Fol et Warinski pour trouver le premier exemple d'expériences tératologiques faites dans des conditions d'un déterminisme rigoureux et donnant toujours les mêmes résultats. Ces habiles expérimentateurs, en procédant d'abord par des brûlures avec un thermo-cautère, puis par de simples compressions localisées ont produit sur les œufs de poule des monstruosités qu'on peut *prédire à l'avance*, telles que l'omphalocéphalie, l'hétérotaxie, l'anencéphalie, etc. Je suis complètement d'accord avec ces auteurs lorsqu'ils disent, appréciant de la manière la plus exacte la méthode dont ils sont les créateurs : « Il reste à rechercher quels sont les phénomènes dont les effets sont identiques à ceux du thermo-cautère ou de la lame de scalpel, tels que inflammation, embolie des vaisseaux, arrêt de nutrition, mort des tissus, etc. » On ne peut indiquer en de meilleurs termes, la différence qui existe entre les monstres artificiels et les monstres naturels et il est bien évident que l'étude des premiers est surtout intéressante parce qu'étant la plus facile elle ne peut manquer d'être aussi la plus fructueuse et doit en tous cas précéder l'autre.

Comme on le voit par cette rapide revue, aucune méthode n'est

exactement comparable à la mienne, mais celle de Fol et Warinski s'en rapproche plus que toute autre. Comme ces auteurs, je détermine des monstres connus à l'avance, par l'action d'un trausmatisme localisé. Pour le reste, les œufs sur lesquels j'expérimente étant totalement différents de ceux des poules, il ne peut rien y avoir de semblable dans ma technique. D'une manière générale j'agis à un stade de développement bien moins avancé que ne le font les savants de Genève, aussi les monstruosités que j'obtiens sont-elles ordinairement plus profondes. La précision de mes expériences est peut-être plus grande non pas parce que je m'adresse à un corps plus petit la cellule, mais parce que l'étendue de la lésion est mieux définie, la nature se chargeant elle-même de la limiter aux seuls blastomères touchés; quant à l'importance des résultats que chacune de ces méthodes pourra produire, un plus long usage l'apprendra. Le traumatisme cellulaire a certainement contre lui une technique compliquée et difficile, mais peut-être les expériences de Fol et Warinsky ne sont-elles pas plus faciles à reproduire, d'ailleurs il est certain que chacune de ces méthodes n'est applicable que dans des cas particuliers et qu'il en faudra créer d'autres pour d'autres œufs.

En résumé le traumatisme cellulaire me paraît être une méthode tératogénique nouvelle et précise. Chacun admettra en effet, en présence de la constance bien connue des phénomènes embryogéniques, que la lésion toujours la même d'un blastomère déterminé doive avoir des résultats constants. En fait, ceux que j'ai obtenus dans des séries d'expériences sont toujours très analogues; les écarts observés tiennent aux seules difficultés de l'expérimentation et ont diminué à mesure que j'ai perfectionné davantage ma technique. Pratiquement je puis toujours avec deux ou trois œufs obtenir n'importe quel monstre de ceux que la nature produit par le sphacèle spontané des blastomères, durant la période de segmentation. Ma méthode n'est malheureusement pas applicable jusqu'à présent aux œufs à coque opaque ou résistante. Pour en citer un exemple singulier je n'ai jamais pu percer avec un aiguillon de verre la membrane vitelline d'un œuf de *Sipunculus nudus;* cette membrane a une consistance parcheminée que son aspect extérieur ne m'avait pas fait prévoir et elle a aisément brisé mes fragiles aiguillons.

TYPE 27. DEMI-INDIVIDU DROIT. — La figure 124, pl. XXII représente un œuf au stade II dont un des blastomères vient d'être piqué. L'aiguillon est retiré et par la plaie qu'il a faite au chorion sort un petit sac herniaire formé par la membrane du testa contenant le liquide périvitellin. Le stade correspondant à IV a lieu normalement par la division frontale du blastomère vivant. Le stade correspond à VIII est représenté de profil par le côté droit (fig. 125, pl. XXII). Les quatre blastomères ont glissé de telle sorte que a et P s'étant portés en dedans sont en contact par une facette qui n'existe pas dans la segmentation normale. Comme je l'ai dit plus haut, le sens de ce glissement est toujours le même, a et P se portant en dedans vers le plan médian et A et p en dehors. La cause de ce mouvement est dans l'attraction réciproque des cellules qui s'agencent en une masse plus arrondie, plus voisine de la sphère qui est la forme d'équilibre vers laquelle elles tendent, conformément à la règle que j'ai posée ; il est aisé de voir en effet que quatre globules tangents dont les centres sont disposés aux sommets d'un carré sont plus écartés que lorsque leurs centres forment les sommets d'un tétraèdre. Au stade correspondant à XVI, les quatre blastomères se divisent parallèlement à la cellule morte dans un plan sagittal (fig. 126, pl. XXII) ce qui est conforme à la règle posée pour la déviation des facettes. Ce sujet devint une larve dont la queue avait la forme, la longueur et la structure habituelle. Les trois feuillets du blastoderme étaient distincts et le système nerveux représenté par une tache pigmentaire à grains fins située à la base de la queue dans la concavité de son point d'attache au tronc. Cette tache pigmentaire était plus rapprochée du flanc gauche de la larve. En avant il existait une papille de fixation. Cette larve commençait à secréter sa tunique de cellulose lorsqu'elle mourut.

Je possède six observations plus ou moins semblables à la précédente et que je juge inutile de reproduire. J'emprunte cependant à deux d'entre elles les figures 127, 128, 129, 130, pl. XXII. Les deux premières ont trait au même œuf ; la figure 127 montre la forme arrondie que prend le blastomère vivant par suite du sphacèle de son voisin, la figure 128 montre la division de la cellule vivante suivant un plan frontal et la persistance dans le blastomère mort de la cupule qui y a été creusée au stade précédent. Les figures 129 et 130 montrent l'invagination gas-

truléenne d'un demi-individu droit à deux stades différents.

TYPE 28. DEMI-INDIVIDUS GAUCHES. — Ils peuvent présenter les mêmes organes que les demi-individus droits à l'exception sans doute de l'otolithe. Ils peuvent certainement avoir une tache pigmentaire à la base de la queue.

TYPE 29. TROIS-QUARTS D'INDIVIDU ANTÉRIEUR DROIT. — Je possède cinq observations de ces monstres résultant du développement d'un œuf dont on a tué au stade IV le blastomère postérieur gauche. Dans l'une de ces expériences j'ai obtenu une larve de forme générale ovoïde dont la queue appliquée au tronc lui était adhérente sur toute sa longueur. La corde dorsale au moment de l'examen avait subi la transformation vésiculeuse. Le tronc présentait en avant *trois* organes de fixation et en un autre point *deux* taches pigmentaires. L'une de ces taches (otolithe ?) formée de gros grains noirs était arrondie; l'autre tache (œil ?) avait un contour polygonal et était formée de grains très fins.

Les autres observations du même type de monstres présentent les mêmes particularités fondamentales; parfois il n'y a qu'une tache pigmentaire. J'ai noté les mouvements de la queue toujours largement adhérente au tronc et une fois l'apparition du rudiment cardiaque. L'organe sensoriel unique se détacha une fois complètement du reste de l'animal.

TYPE 30. TROIS QUARTS D'INDIVIDU ANTÉRIEUR GAUCHE. — C'est le blastomère postérieur droit qui au stade IV a été tué. Je possède deux observations ayant abouti comme les précédentes à la formation de larves monstrueuses ovoïdes, sans queue distincte du tronc mais possédant une corde dorsale bien développée. Il n'y avait qu'*un* organe sensoriel formé d'une cellule contenant un peu de pigment fin (œil ?).

TYPE 31. TROIS QUARTS D'INDIVIDU POSTÉRIEUR GAUCHE. — La cellule antérieure droite du stade IV est tuée. J'ai obtenu des larves *à queue distincte du tronc* et parfois longue et bien développée. La corde peut être bien conformée. Les taches pigmentaires manquent ou il n'y en a qu'une qui est toujours superficielle et offre les caractères de l'otolithe mais parfois aussi de l'œil.

TYPE 32. TROIS QUARTS D'INDIVIDU POSTÉRIEUR DROIT. — Le blas-

tomère gauche antérieur a été tué. La larve possède une *queue longue* et bien développée, une corde dorsale parfaitement normale et animée de mouvements. Il existe une tache pigmentaire superficielle située sur le tronc à la base de la queue, et un organe de fixation. Cet animal rejeta les enveloppes de l'œuf, à l'exception de la membrane du testa dans laquelle il demeura enfermé, il secréta une tunique de cellulose qui, au moment de la mort, était déjà parsemée de cellules migratrices. La forme générale de la larve était satisfaisante.

D'autres observations confirment la précédente, l'organe de la fixation, lorsqu'il existe, est toujours unique, ce qui prouve son développement aux dépens des blastomères antérieurs. Au contraire, la bonne conformation de la queue, dans ce type et dans le précédent opposée à son état imparfait, lorsqu'une des cellules postérieures est tuée, montre assez quel rôle est dévolue à celles-ci dans son développement.

Type 33. Deux quarts diagonal. — On peut, au stade IV, détruire par piqûre deux blastomères situés aux extrémités d'une même diagonale. Les deux autres blastomères poursuivent leur développement et sont d'abord divisés par un plan équatorial totalement dévié (fig. 131, pl. XXII) et dirigé en réalité suivant un méridien. La suite du développement a été perdue, mais on aurait, sans doute obtenu deux masses comme celles de formation spontanée qui sont représentées figure 123, pl. XXII.

Type 34. Deux quarts d'individu droit. — Ces monstres se rapprochent naturellement des demi-individus droits, dont ils ne diffèrent, à l'origine, qu'en ce que la moitié gauche du corps a été détruite au stade IV, au lieu de l'être au stade II. La figure 132 représente une jolie larve obtenue par cette mutilation. Malgré sa ressemblance frappante avec une larve ordinaire, elle n'est pourtant que la moitié d'une larve. La forme générale est assez bonne, le tronc et la queue sont distincts. Le tronc présente à l'extrémité antérieure *une* papille de fixation et du côté dorsal *une* petite involution atriale. A la base de la queue et dans la concavité de son point d'attache, c'est-à-dire à l'endroit habituel, est *une* cellule pigmentaire superficielle représentant l'œil. Cet œil est un peu plus rapproché du flanc gauche, au contraire, l'atrium est plus rapproché du droit. Si on considère que le flanc

gauche d'un tel animal correspond morphologiquement au plan médian d'une larve complète, on voit que l'atrium droit est par rapport à la notocorde dans sa situation normale, c'est-à-dire en avant, en dehors et à droite.

Type 35. Deux quarts d'individu gauche. — J'ai obtenu par la destruction des deux blastomères droits du stade IV des monstres analogues aux précédents dont ils sont, d'après la théorie, les symétriques. Ces monstres étaient dépourvus de tache pigmentaire. Dans un cas intéressant, la queue et la corde dorsale étaient parfaitement développées (fig. 133), bien que l'invagination de l'endoderme fut demeurée incomplète.

Type 36. Deux quarts antérieur et deux quarts postérieur. — Ces monstres résultent de la destruction des deux blastomères antérieurs du stade IV ou de la destruction des deux postérieurs. Ce que j'ai observé confirme la règle que j'ai posée touchant la déviation des facettes de segmentation.

Type 37. Quarts d'individu. — On obtient ces monstres en tuant trois blastomères sur quatre au stade IV. Il en existe théoriquement quatre espèces selon la cellule épargnée, mais en pratique le développement ne se poursuit pas assez loin pour que j'aie pu observer quelque différence entre elles. La facette équatoriale est dirigée de la manière normale, c'est-à-dire, perpendiculairement à l'axe de l'œuf, le plan de segmentation suivant est méridien. La segmentation conduit à une masse arrondie formée de cellules qui se disposent en deux couches, une endodermique et l'autre ectodermique. Le développement ne va pas au delà.

Avec ces monstres je terminerai la description de ceux que j'ai produits expérimentalement. Le temps considérable qu'il faut consacrer à chaque expérience à raison de la minutie de l'opération et des élevages infructueux ou perdus ne m'a pas permis de fabriquer un nombre de monstres suffisants pour permettre de juger en toute rigueur la valeur de la méthode au point de tout ce qu'on en peut attendre dans les recherches de pure morphologie; mais ce que j'ai vu et dont je viens de donner le résumé succinct suffit cependant à montrer qu'il y a là un champ nouveau et fertile à cultiver.

---

mobiles les unes sur les autres ; la forme actuelle propre de chacun d'eux et leur agencement réciproque sont le résultat d'un équilibre mécanique résultant de leur attraction, de leur forme naturelle, de leur dureté. Tout œuf segmenté, normal ou anormal, *est un système en équilibre* et il est impossible d'altérer la position ou la forme d'aucune de ses parties sans que les autres prennent spontanément et immédiatement un autre état d'équilibre, de même qu'une pile de boulets s'écroule si on dérange un de ceux de la base. C'est ce que j'ai confirmé par de nombreuses expériences. L'attraction ou cohésion réciproque des blastomères, variable d'un groupe de cellules à l'autre, est encore la cause physique d'autres phénomènes. Elle explique la constance de certains rapports conservés au détriment des autres : par exemple la continuité de la corde dorsale qui est respectée dans la plupart des monstres, l'intégrité de l'ectoderme, etc. La pratique des traumatismes m'a également permis d'obtenir des migrations de cellules et des déviations de leur plan de segmentation.

A côté de ces phénomènes dus aux propriétés purement physiques des cellules, d'autres résultent de leur état de vie, ce sont les déformations amœboïdes. J'ai reconnu qu'elles n'ont pas lieu au hasard, mais que certaines déformations se répètent exactement de la même manière, pour chaque cellule, dans tout œuf normal. Chaque blastomère est donc caractérisé à l'état normal, non seulement par une grosseur, une figure et une position propres, mais il revêt encore une *succession de formes déterminées* qui constitue un point nouveau de son histoire.

Au point de vue tératologique, le sphacèle provoqué des blastomères a pour résultat de supprimer l'apparition des organes contenus en puissance dans la cellule tuée. On possède dès lors deux moyens pour déterminer la descendance d'une cellule ; le premier consiste dans l'observation directe de l'embryologie normale, le second dans la pratique des traumatismes. De ces deux moyens qui m'ont paru conduire, chez l'*A. aspersa*, aux mêmes résultats le premier n'est applicable que dans une mesure restreinte, le second est au contraire aussi rapide que général. C'est ainsi que j'ai déterminé avec certitude que la cellule pigmentaire, dite œil, était produite par la cellule droite antérieure du stade IV et que j'ai donné des indications analogues pour l'otolithe, la corde, l'atrium et les organes de fixation.

Toutefois un effet secondaire intervient qui trouble la simplicité de la méthode mais constitue en lui-même un phénomène important qui appelle des expériences nouvelles. Il m'a paru en effet que, par la mort d'une cellule, la puissance des survivantes était changée et qu'elles donnaient alors naissance à des parties que sans cela elles n'auraient pas produites. C'est ainsi, du moins que j'ai dû interpréter le fait singulier que les demi-individus gauches peuvent posséder une tache pigmentaire.

LITTÉRATURE.

Il est inutile de reproduire ici la longue liste des ouvrages qui composent la bibliographie des Ascidies. Les mémoires classiques sont connus de tous et, pour les plus récents, on en trouvera l'indication dans l'important travail de Ed. Van Beneden et Julin : « La Morphologie des Tuniciers » (*Archives de biologie*, 1886). Je ne donne ici l'indication que des ouvrages cités à propos de la tératologie ou de la morphologie de la segmentation :

Fœttinger. — Sur la formation du mésoderme. *Arch. de biol.*, 1882.

Fol et Warinski. — *Recueil de zoologie suisse*, 1885.

Hallez. — Recherches sur l'embryologie des Nématodes.

O. et R. Hertwig. — Die Cœlomtheorie. *Iena*, 1881.

De Lacaze-Duthiers. — Sur la formation des monstres doubles des Gastéropodes. *Arch. de zoolog. expér.*, 1875.

Lereboullet. — Recherches sur les monstruosités du brochet. *Ann. des Sc. natur.*, 1863 et 1864.

Rauber. — Neue Grundlage der Kenntniss der Zelle. *Morphol. Jahrbuch*, 1883.

W. Roux. — Ueber die Zeit der Bestimmung der Hauptrichtung des Frosch Embryo. *Leipzig*, 1883.

Willson. — Variations de la segmentation de l'œuf de la Renilla. *Zoologisch. Anzeig*, 1882.

EXPLICATION DES PLANCHES XVIII A XXII.

Les figures des cinq planches de ce mémoire ont été dessinées à la chambre claire sous un grossissement à peu près constant d'une centaine de diamètres. Les numéros d'ordre des figures vont en augmentant en suivant les colonnes verticales de haut en bas. En suivant cet ordre, lorsque les figures appartiennent à un même œuf, le stade le plus avancé est toujours représenté au-dessous du plus jeune. Au contraire, les figures qui, dans la planche I, sont situées sur une même ligne horizontale représentent un même stade vu de différentes manières, à l'exception toutefois des quatre figures de la première rangée qui représentent les stades I à IV. Les lettres ont partout la même signification,

At. Atrium.
Bl. Blastopore.
Co. Cœur.
Cl. Cloison verticale.
Ct. Cellules du testa.
Ey. Endostyle.
Ec. Ectoderme.
En. Endoderme.
F. Papille de fixation.
Me. Mésoderme.
No. Notocorde.
Oc. Œil.
Œ. Œsophage.
Ot. Otolithe.
St. Estomac.
V. Vésicule cérébrale.

Les blastomères sont marqués des mêmes lettres que dans les figures du texte et la moitié droite du tableau de la page 22 résume cette notation qui a été exposée en détail.

PLANCHE XVIII.

FIG. 1. — Œuf pendant la première segmentation. Les lignes 1 et 2 représentent deux contours successifs.
FIG. 2. — Œuf au stade VIII. *Vue en coupe optique* par le côté droit.
FIG. 3. — Œuf au stade XVI. Même vue que le précédent.
FIG. 4. — Œuf au stade XXIV. Même vue.
FIG. 5. — Œuf au stade XXXII. Même vue.
FIG. 6. — Œuf à un stade plus avancé. Même vue.
FIG. 7. — Œuf à un stade plus avancé. Même vue.
FIG. 8. — Œuf au stade II. Les lignes 1 et 2 représentent deux contours successifs pendant le réaccolement.
FIG. 9. — Œuf au stade VIII. *Vue superficielle* par le côté droit.
FIG. 10. — Œuf au stade XVI. Même vue.
FIG. 11. — Œuf au stade XXIV. Même vue.
FIG. 12. — Œuf au stade XXXII. Même vue.
FIG. 13. — Larve de huit jours, vue par le côté droit et montrant par transparence les divers organes. Le compartiment latéral du sac branchial est indiqué par le champ Cl. Les autres lettres ont la signification habituelle.
FIG. 14. — La même larve, âgée maintenant de dix jours et vue par la face ventrale. On voit par transparence les mêmes organes que précédemment. La ligne Cl indique la position de la cloison verticale.
FIG. 15. — Œuf pendant la formation des facettes frontales. Les lignes 1 et 2 représentent deux contours successifs.
FIG. 16. — Œuf vu superficiellement par le pôle *oral* au stade VIII.
FIG. 17. — Œuf au stade XVI. Même vue.
FIG. 18. — Œuf au stade XXIV. Même vue.
FIG. 19. — Œuf au stade de XXXII. Même vue.
FIG. 20. — Œuf à un stade plus avancé (le même qui est représenté en profil, fig. 6). Même vue.
FIG. 21. — Vésicule cérébrale d'une jeune larve montrant l'œil et l'otolithe.
FIG. 22. — Œuf au stade IV montrant le canal transitoire de segmentation avant le réaccolement des cellules.
FIG. 23. — Œuf au stade VIII. Vue superficielle par le pôle *aboral*.
FIG. 24. — Œuf au stade XIV. Même vue.
FIG. 25. — Œuf au stade XXIV. Même vue.

FIG. 26. — Œuf au stade XXXII. Même vue.
FIG. 27. — Larve âgée de neuf heures et ayant présenté jusque-là un développement normal. La notocorde devient sinueuse.
FIG. 28. — La même larve âgée de vingt heures et vue de dos comme précédemment. La queue est difforme.

PLANCHE XIX.

FIG 29 et 36. — Larve dont la notocorde est bifide en arrière. En 29, elle est vue de face et montre les deux taches pigmentaires sensorielles. En 36, elle est vue de profil.
FIG. 30. — Coupe optique antéro-postérieure de la gastrula au début de l'invagination.
FIG. 31. — Même coupe un peu plus tard.
FIG. 32. — Le même œuf que dans la figure 31 après quatorze minutes.
FIG. 33. — Le même œuf après vingt-cinq minutes.
FIG. 34. — Coupe optique frontale d'une jeune larve pour montrer les rapports et la composition du système nerveux et du protentéron.
FIG. 35. — Coupe optique antéro-postérieure à un stade plus avancé que dans la figure 33.
FIG. 36. — Voyez figure 29.
FIG. 37. — Coupe optique frontale de la gastrula à peu près au même stade que dans la figure 30.
FIG. 38. — Coupe optique frontale de la gastrula à peu près au même stade que dans la figure 31.
FIG. 39. — Coupe optique frontale d'une larve plus âgée que dans la figure 34, pour montrer le pincement du bord inférieur du protentéron.
FIG. 40. — Gastrula vue superficiellement par le pôle oral. Les cellules qui limitent le blastopore sont seules dessinées; elles présentent une interruption en arrière sur la ligne médiane.
FIG. 41. — Le même œuf quarante minutes plus tard, orienté de la même manière. Les cellules du bord postérieur Br du blastopore se sont réunies et forment un croissant dont les extrémités chevauchent sur le bord antérieur, formé par les cellules en palissade Pl.
FIG. 42. — Jeune larve vu par la face ventrale en coupe optique pendant la différentiation du mésoderme et du rudiment de la corde.
FIG. 43. — Larve d'Ascidie d'une espèce non déterminée montrant une vésicule cérébrale pourvue de deux taches oculaires avec plusieurs corps réfringents situées en dehors d'elles. En avant des taches oculaires est l'otolithe.
FIG. 44. — Région de la bouche et du cerveau d'une larve pour montrer l'involution hypophysaire.
FIG. 45. — Monstre dit 3/4 d'individu gauche et postérieur; il est vu par le côté droit.
FIG. 46. — Œuf à segmentation monstrueuse au début du stade VIII, vu par la face aborale. Les cellules antérieures offrent un contour cordiforme.

Fig. 47. — Le même un peu plus tard, lorsque la segmentation des cellules postérieures est achevée.

Fig. 48. — Le même, au stade VIII. On voit l'écartement des cellules A et *A* et la formation des petits globules de mésenchyme.

Fig. 49. — Jeune larve vue par la face ventrale montrant la métamérisation du mésoderme en segment caudal Me et segment somatique Me.

Fig. 50. — Œuf segmenté inégalement au stade II.

Fig. 51. — Le même, au stade IV, montrant la déviation de l'une des facettes frontales Y^1 Y^2.

Fig. 52. — Le même, au stade VIII, remarquable par la déviation corrélative à la précédente de deux des quatre facettes équatoriales.

Planche XX.

Fig. 53. — Œuf au début du stade IV, vu par le pôle aboral ainsi que dans les cinq figures suivantes.

Fig. 54. — Le même, au stade VIII, montrant une cavité de segmentation ouverte.

Fig. 55. — Le même, après le réaccolement des cellules et la disparition de toute cavité de segmentation.

Fig. 56. — Le même, au stade VIII, traversé de nouveau d'un pôle à l'autre par un canal de segmentation.

Fig. 57. — Stade XVI, emprunté à un autre œuf qui, au stade VIII, ne différait pas du précédent; la cavité de segmentation est une cupule ouverte au pôle aboral.

Fig. 58. — Œuf au stade VIII, vu par le pôle aboral et présentant un écartement asymétrique de la cellule A.

Fig. 59. — Œuf au stade VIII, présentant la forme dite en galette. Toutes les cellules sont en voie de segmentation et ont un contour cordiforme.

Fig. 60. — Autre œuf montrant le même stade achevé.

Fig. 61. — Le même œuf que dans la figure précédente, au stade XVI.

Fig. 62. — Le même, au stade correspondant à XXXII; les cellules a^2, p^1 et leurs homologues ne sont pas encore segmentées.

Fig. 63. — Œuf au stade II montrant la rupture du petit isthme de protoplasma qui réunissait en dernier lieu les deux cellules. L'état immédiatement antérieur est analogue à celui représenté figure 91, planche IV.

Fig. 64. — Œuf au stade IV montrant une déviation légère des facettes frontales.

Fig. 65. — Autre œuf montrant une déviation plus forte; les facettes demeurent toujours parallèles à l'axe de l'œuf.

Fig. 66. — Œuf vu par le pôle aboral; au stade correspondant à XVI, la cellule AG (inférieure droite dans la figure) ne se segmente pas.

Fig. 67. — Larve difforme produite par l'œuf précédent.

Fig. 68. — Œuf vu par le pôle oral au stade correspondant à XVI; les cellules A^1 et A^2 sont soudées.

Fig. 69. — Œuf au stade correspondant à IV; une des moitiés du vitellus ne se segmente pas.

Fig. 70. — Le même au stade correspondant à VIII; il se forme un sillon sur la grosse cellule non segmentée. Le reste de l'œuf s'est divisé à peu près régulièrement.

Fig. 71. — Le même un peu plus tard; la grosse cellule s'est divisée en quatre parties et se trouve au stade correspondant à VIII, tandis que le reste de l'œuf est au stade correspondant à XVI.

Fig. 72. — Nouvel œuf au stade correspondant à XVI, vu par le pôle oral. Le côté droit est seul segmenté et compte huit cellules en voie d'individualisation.

Fig. 73. — Le même quatre heures et demie plus tard. Le côté segmenté est recouvert d'une calotte épidermique continue.

Fig. 74. — Le même huit heures après le début de la segmentation. L'ectoderme s'invagine en un point.

Fig. 75. — Le même, âgé de vingt heures, montrant une corde dorsale très nette formée d'une seule rangée de cellules.

Fig. 76. — Le même, âgé de quarante-cinq heures. La notocorde est devenue vésiculeuse. De petites cellules représentent le mésoderme.

Fig. 77. — Œuf au stade correspondant à IV; la cellule Z est impuissante à se segmenter.

Fig. 78. — Le même au stade correspondant à VIII; il y a division de Z suivant le plan équatorial et segmentation impuissante de Z^2 en Z^{21} et Z^{22}.

Fig. 79. — Le même, au stade correspondant à XVI.

Fig. 80. — Le même, transformé en larve difforme.

Planche XXI.

Fig 81. — Œuf au stade IV; les deux cellules antérieures sont beaucoup plus grosses.

Fig. 82. — Le même après la soudure des deux cellules antérieures.

Fig. 83. — Le même pendant la formation du stade correspondant à VIII; on voit les petites cornes P^1 et P^1.

Fig. 84. — Le même stade correspondant à VIII, achevé.

Fig. 85. — Le même œuf au stade correspondant à XVI.

Fig. 86. — Œuf présentant la segmentation impuissante au stade VIII. Les cornes P^1 et P^1 sont cependant visibles sur les deux moitiés.

Fig. 87. — Le même au stade correspondant à XVI; les cellules P^1 et P^1 se sont isolées temporairement.

Fig. 88. — Le même un peu plus tard; il y a en tout six cellules dont une forme, à elle seule, tout le côté droit.

Fig. 89. — État final vu en coupe optique; il s'est différentié une couche ectodermique dont les deux extrémités vont s'appuyer sur les cellules non segmentées.

Fig. 90. — Œuf au stade II durant la division; il présente un petit hiatus à l'extrémité du sillon de segmentation.

Fig. 91. — Le même montrant le petit isthme de protoplasma que la segmentation a respectée.

Fig. 92. — Le même au stade correspondant à IV, formé d'une cellule antérieure et d'une cellule postérieure à double noyau.

Fig. 93. — Le même au stade correspondant à VIII durant la division.

Fig. 94. — Le même, la division étant achevée.

Fig. 95. — Le même au stade correspondant à XVI et comptant en réalité dix cellules simples et trois cellules à noyau double.

Fig. 96. — Œuf dont le sillon médian est en voie de disparition.

Fig. 97. — Le même après l'apparition du sillon frontal.

Fig. 98. — Le même au stade correspondant à VIII; le sillon frontal est disparu.

Fig. 99. — Le même au stade correspondant à VIII; il y a réapparition de la facette médiane.

Fig. 100. — Le même; la facette médiane est disparue. La grande cellule moyenne est homologue à quatre cellules simples.

Fig. 101. — Le même, après de nouvelles divisions.

Fig. 102. — Le même un peu plus tard.

Fig. 103. — Le même, tandis que la masse centrale tente de se segmenter.

Fig. 104. — Le même; état final.

Fig. 105. — Demi-individu droit spontané au stade correspondant à VIII vu de profil et un peu obliquement.

Fig. 106. — Demi-individu gauche spontané vu par la face morphologiquement médiane au stade correspondant à VIII. Un petit globule marque le pôle aboral.

Fig. 107. — Le même au stade correspondant à XVI. La cellule P^1 se sépare par bourgeonnement et non par segmentation.

Fig. 108. — Le même se transformant en gastrula.

Planche XXII.

Fig. 109. — Demi-individu droit spontané, montrant une gastrula par épibolie.

Fig. 110. — Demi-individu droit spontané; la notocorde est très courte, enveloppée de fibres musculaires Mu. La cellule pigmentaire est superficielle, l'ectoderme discontinu, l'endoderme est bien distinct en avant.

Fig. 111. — Demi-individu droit spontané présentant une notocorde bien développée et une courte queue.

Fig. 112. — Trois quarts d'individu gauche et postérieur spontané au stade correspondant à VIII, vu de profil par le côté gauche.

Fig. 113. — Le même au stade correspondant à XVI.

Fig. 114. — Le même, se reployant en gastrula.

Fig. 115. — Le même à l'état de larve vue par la face droite, homologue du plan médian morphologique.

Fig. 116. — Deux quarts d'individu antérieur spontané vu par l'extrémité antérieure au stade correspondant à VIII.

Fig. 117. — Le même au stade correspondant à XVI.

Fig. 118. — Le même au stade correspondant à la larve, vu de dessus.

Fig. 119. — Deux quarts d'individu diagonal au stade correspondant à la larve. On voit les deux cellules X et Y qui sont mortes au stade IV, les cellules et la membrane du testa.

Fig. 120. — Gastrula dont le blastopore est occupé par une cellule morte en forme de coin.

Fig. 121. — Mort spontanée d'un grand nombre de cellules au stade blastophère.

Fig. 122. — Mort spontanée de deux cellules ectodermiques symétriques près de la ligne médiane dorsale, au stade de formation du système nerveux. Vue superficielle.

Fig. 123. — Deux quarts d'individu diagonal disjoint développé spontanément. État final.

Fig. 124. — Œuf piqué au stade II et dessiné à l'instant de l'apparition de l'état granuleux. Le liquide périlarvaire enveloppé de la membrane du testa fait hernie à travers le chorion.

Fig. 125. — Le même vu par le côté droit au stade correspondant à VIII.

Fig. 126. — Le même au stade correspondant à XVI.

Fig. 127. — Œuf piqué au stade II et dessiné un peu après l'apparition de l'état granuleux. Comparez avec la figure 124.

Fig. 128. — Le même au stade correspondant à IV vu par le pôle aboral comme le montrent les *petits globules*.

Fig. 129. — Autre demi-individu droit au stade de gastrula.

Fig. 130. — Le même, un peu plus tard.

Fig. 131. — Deux quarts diagonal disjoint au stade correspondant à VIII.

Fig. 132. — Deux quarts latéral droit au stade de larve montrant l'invagination d'un atrium.

Fig. 133. — Deux quarts latéral gauche montrant une notocorde bien développée et un archenteron (?) largement ouvert.

Fig. 134. — Trois quarts postérieur droit au stade correspondant à la larve.

Fig. 135. — Œuf de *Strongylocentrotus lividus*, perforé par un aiguillon de verre.

Fig. 136. — Le même peu après le retrait de l'aiguillon. Cet œuf a ultérieurement donné un Pluteus normal.

NOTE SUR UN CAS DE

MONSTRUOSITÉ OBSERVÉ DANS LES PATTES DU POULET

Par Edouard HECKEL

Dans le courant de décembre 1884, j'observai sur un poulet Bressan, de belle venue, le cas tératologique suivant, qui n'a pas été signalé jusqu'ici, que je sache, et qui m'a paru présenter un intérêt suffisant, soit par lui-même, soit parce que dans une certaine mesure, il devient un fait normal dans la variété de pigeons qui a reçu le nom significatif de *patus*, et dans certaines variétés de poulets.

L'animal avait été acheté au marché, il m'a donc été impossible d'en connaître l'origine. La déformation monstrueuse porte uniquement dans les deux pattes, sur le troisième doigt externe de la rangée antérieure. Au lieu d'être entièrement indépendant comme c'est le cas ordinairement, il est soudé au doigt médian par une membrane continue. Le système osseux de ce doigt est resté normal malgré la syndactylie partielle qui n'a atteint que les parties molles : les os, libres de toute déformation, n'ont même contracté, entre doigts voisins, aucune soudure. Ce fait, facile à constater, sous l'épaisseur des téguments même, est mis en évidence par une dissection. Analysons les déformations accessoires dans les deux pattes. A la patte droite, le troisième doigt se termine par un ongle déformé, mais occupant cependant sa place naturelle à l'extrémité du dernier article osseux (fig. 1, A). A la patte gauche, l'ongle terminal manque à ce doigt (fig. 2), mais là on constate une nouvelle déformation qui, déjetant l'ongle du médius sur le côté externe et arquant toutes les phalanges de ce doigt, fait toucher les deux phalangètes du médius et de l'externe par leurs pointes. Un ongle unique règne à l'extrémité de ces deux doigts (fig. 2, *a*). Mais cette déformation, par rapprochement des extrémités de deux doigts voisins et formation d'une membrane interdigitale, ne constitue pas le fait le plus important dans le cas qui nous occupe.

Sur tout le côté externe de ces doigts, se sont développées des

plumes, surtout des plumes semblables à celles que l'on voit normalement sur la partie homologue de l'aile. Les écailles normales

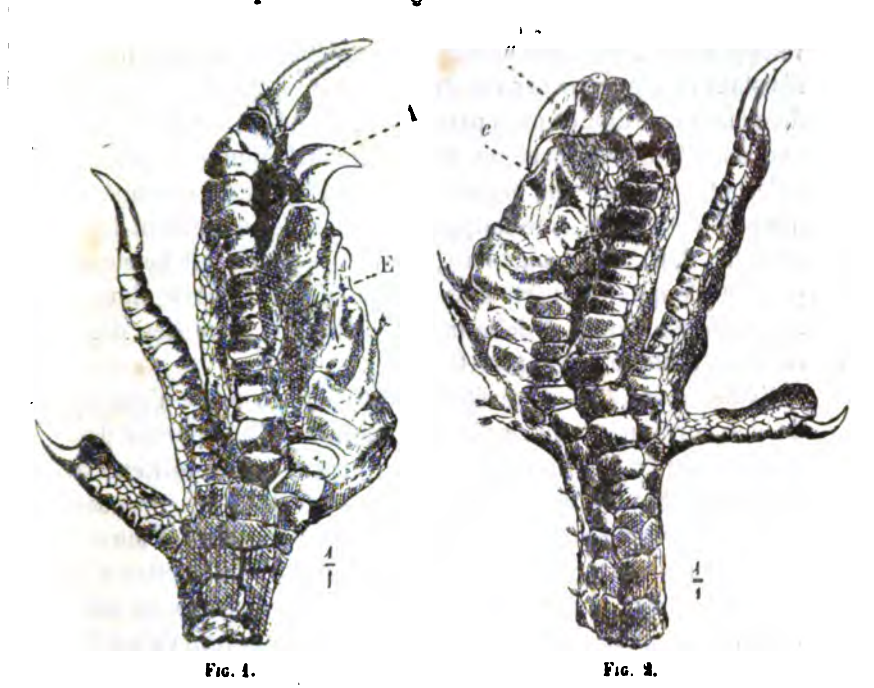


FIG. 1. FIG. 2.

ont fait place à des canons assez volumineux, terminés par un court duvet plumeux blanc et noir, peu développé il est vrai, mais sur la nature duquel il ne peut y avoir erreur. Ces plumes intermédiaires tiennent manifestement la place d'écailles disparues, et de plus on peut voir toutes les transitions entre l'écaille et la

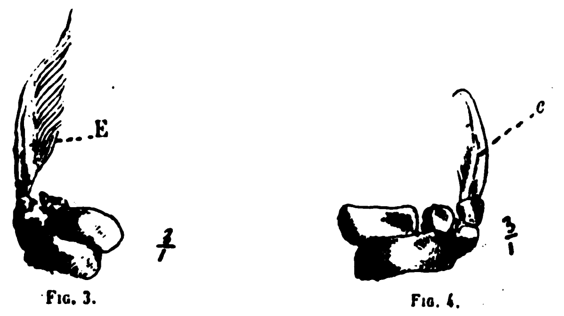


FIG. 3. FIG. 4.

plume. Les canons y sont aussi développés dans certains points que dans la partie terminale de l'aile. Ce phénomène de pennification des petites écailles est identique dans les pattes droite et

gauche; mais la parité tératologique est poussée plus loin encore. On observe, en effet, dans le sillon formé par la membrane qui règne entre le deuxième et le troisième doigt externe, le développement d'un ergot adventif, complet et de couleur noire, résistant et acéré sur la patte droite (fig. 2, *e*), blanc, mousse et de consistance molle sur la patte gauche (fig. 1, E). Ce dernier fait met dans toute son évidence le passage de la plume à l'ongle et à l'ergot, car ce dernier organe porte en effet à son extrémité bifide et encore molle, une houppe de plumes bien nettement dessinées (fig. 3, E). Son congénère, sur l'autre patte, est beaucoup plus développé il ne porte plus que de faibles traces de plumes, sa pointe est durcie et de la matière colorante noire s'est déposée dans toute sa substance (fig. 4, *e*).

Evidemment, les faits révélés par cette monstruosité n'ont rien de bien surprenant, puisqu'ils se retrouvent à l'état normal dans d'autres variétés de la même espèce, mais la concommitence de la pennification des écailles et de l'état syndactyle, n'a cependant jamais été signalée dans les conditions tératologiques. Y aurait-il une relation entre ces deux faits? tout porte à l'admettre si on veut bien tenir compte de cette donnée que chez les pigeons *patus* le développement exagéré de la membrane interdigitale est très souvent la règle. Dès lors, de cette façon, sans remonter aux causes de la déformation qui nous échappent ici absolument, en raison de ce que nous ignorons dans quelles conditions a vécu l'animal observé, on serait porté à admettre que nous nous trouvons en face du premier stade d'évolution de l'état normal vers l'état tératologique constant.

Ce phénomène nous permet en outre de saisir sur le fait, avec ses divers passages (généralement fugaces et insaisissables ailleurs), la transformation de l'écaille en plume et de celle-ci surtout en ongle et en ergot, par le durcissement de son canon et l'atrophie des lames plumeuses. D'autre part, enfin, nous trouvons ici, et ce n'est pas moins intéressant, un cas dans lequel, certaines parties de la patte s'organisant comme leur homologue dans l'aile du même oiseau, tendent par un processus de soudure analogue à celui qui règne dans le carpe, mais plus superficiel cependant, à organiser un tout très condensé.

En terminant, je ne puis m'empêcher de faire remarquer que des phénomènes du même ordre se retrouvent à l'*état normal*

dans certains végétaux, sans qu'ils aient été ni signalés ni rapprochés de ceux qui se manifestent chez les animaux. Ainsi j'ai pu voir que dans *Crozophora tinctoria* Neck (Croton tinctorium L), vulgairement Maurelle de Galargues, la tige et les feuilles portent des poils simples qui, sur les feuilles, s'organisent en écusson, et sur le fruit, enfin, se transforment, le tout par transitions très saisissables, en véritables écailles protectrices. Ce sont des phénomènes de même ordre indiquant nettement une fois de plus que le processus morphologique a suivi les mêmes grandes lois dans les deux règnes, et que le mode tératologique et le mode normal se côtoient constamment sans qu'il soit toujours bien facile de discerner les unes des autres leurs manifestations même les plus saisissantes et les plus tangibles. Cette proposition toujours vraie est plus particulièrement vérifiable dans les organes de vestiture et de protection extérieure des êtres (*poils, plumes, écailles, écussons, ongles,* etc.), dont la plasticité morphologique est très accusée dans l'un et l'autre règne.

ANALYSES ET EXTRAITS
DE TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Een Dubbelmonster door Dr Siegenbeck van Heukelom. — *Un monstre double.* (Extr. de Ned. Tijdschr. voor Geneeskunde, 1887, avec 5 planches.)

Le sujet étudié par le Dr Siegenbeck est un monstre double dont les deux individus sont du sexe femelle. Il appartient à la variété thoracopage dans laquelle le thorax et l'abdomen sont communs et ne forment qu'une cavité au moins quant au squelette. La ressemblance entre les deux individus est très grande; ils mesurent 47 centimètres de longueur et outre la soudure, ne présentent d'autre anomalie qu'un pied equinovarus chez l'un et une hernie ombilicale de la grandeur d'une pièce de cinq francs. Nés à terme, ils ont toutes les apparences extérieures d'une conformation normale, et ont, à très peu de choses près, le même degré de développement. Leur nombril et leur cordon ombilical sont simples. Le placenta était normal. Au cours de l'accouchement l'un des deux individus avait dû être décapité.

L'examen anatomique très complet, porte successivement sur les muscles, les organes internes et la circulation fœtale. — Le mémoire est complété par un examen critique des théories proposées pour expliquer la formation des monstres doubles.

La position d'étude adoptée est la suivante :

Le sujet étant placé de telle sorte que les individus se regardent presque en face, le n° 1 décapité est à droite. Dans cette position, la distance de son épaule gauche à l'épaule droite du n° 2 est un peu plus grande que celle des deux autres épaules. On appelle face antérieure la partie constituée par la moitié gauche du n° 1 et la moitié droite du n° 2.

Muscles. — Sur la face antérieure, la musculature présente une faible différence de développement à l'avantage du n° 1. Le grand pectoral et le grand dentelé sont mieux développés à droite qu'à gauche. Les muscles droits de l'abdomen n'ont pas leur direction normale, ils décrivent des arcs dont la convexité effleure la hernie ombilicale. Le n° 2 présente une anomalie consistant dans l'existence d'un muscle sternal, très constant d'ailleurs chez les monstres. Ce muscle se dirige obliquement de la deuxième dentelure de l'oblique abdominal externe à l'insertion sternale du grand pectoral au niveau du troisième espace intercostal. Sur la face postérieure, la musculature présente les mêmes caractères, sauf qu'il n'existe pas de muscle sternal et que la partie moyenne du grand pectoral gauche du n° 2 fait défaut.

Les muscles du cou sont normaux, à l'exception des sterno-cleïdo-mastoïdiens qui, sur la face antérieure sont atrophiés en partie, tandis qu'ils sont très volumineux à la face postérieure.

Sternum. — Les deux sternums soudés par leur face antérieure sont divisés longitudinalement de bas en haut et forment une pièce en fer à cheval dont la concavité regarde la cavité abdominale.

Viscères. — La situation des viscères est normale. D'une manière générale, les organes du cou et ceux du bassin sont normaux. Mais les intestins, le cœur, les vaisseaux et le foie présentent des particularités que l'on peut résumer :

Le *tube digestif* est double jusqu'au duodenum. Mais en cette région, au niveau de l'ampoule de Vater, il y a confluence, et cette confluence se continue jusqu'à l'iléon dans un point remarquable par la présence d'un appendice long d'environ trois centimètres (appendice de Meckel).

Le *cœur* est unique et forme une masse musculaire arrondie, dont la partie qui répond à la face antérieure du sujet est ventriculaire, tandis que la partie opposée est auriculaire. Extérieurement, on distingue quatre auricules, deux en haut et deux latéralement; il y a deux aortes et deux artères pulmonaires sortant du cœur à droite et à gauche; deux veines-caves supérieures, et une seule veine-cave inférieure très grosse. Enfin il existe une veine pulmonaire commune.

Examiné intérieurement, le cœur offre la plus grande simplicité. Il n'y a en effet qu'un seul grand ventricule, et une très petite cavité également ventriculaire à gauche, séparée du grand ventricule par une cloison incomplète. De même l'oreillette unique est très incomplètement divisée en deux cavités inégales par une cloison largement ouverte. L'aorte du n° 2 sort de la petite cavité ventriculaire et son orifice est au voisinage de celui que présente la cloison interventriculaire incomplète si bien que cette aorte devait recevoir le sang du grand ventricule.

Pas d'anomalie dans l'aorte et dans le système veineux de la grande circulation chez les deux sujets, sauf que les deux veines-caves abdominales confluent au-dessous du diaphgrame pour former un tronc commun très volumineux. C'est dans les vaisseaux pulmonaires qu'on trouve les anomalies les plus grandes. — Chez le n° 1, les veines pulmonaires, avant d'arriver à l'oreillette, s'unissent en un tronc commun. — Chez le n° 2, la confluence a lieu également mais au lieu d'entrer dans l'oreillette, ce tronc veineux va déboucher dans la veine-cave inférieure commune, un peu au-dessous du diaphragme.

Circulation fœtale. — Les deux foies sont soudés. — Le cordon qui aurait dû constituer plus tard le ligament rond, y pénètre et contient la veine ombilicale résultant de la confluence des deux veines ombilicales qui s'est faite tout près du nombril. — Dans le foie, cette veine émet un large canal qui entre en communication avec la veine-cave inférieure (canal veineux d'Arantius). — On sait qu'à l'état normal, la veine ombilicale se bifurque en veine-porte et conduit d'Arantius. Ici, la communication directe entre la veine ombilicale et les veines-portes manque absolument. Celles-ci entrent dans le foie, indépendamment de la veine ombilicale et même à quelque distance.

Cette dernière anomalie de même que celle qui a été relevée pour la veine pulmonaire du n° 2, paraissent être très rares.

Suit l'étude critique faite par l'auteur des théories relatives à la formation des monstres doubles. On sait que les tératologistes admettent généralement aujourd'hui que la formation des monstres doubles résulte presque exclusivement de ce que deux *lignes primitives* se développent sur une vésicule germinative. Ces lignes rayonnent de l'aire vasculaire, vers le centre de l'aire pellucide. Suivant les rapports réciproques qu'elles présentent, plusieurs

cas sont à considérer. Si elles forment entre elles un angle de 90° ou si elles se développent sous un angle obtus, il y a production de monstres à deux colonnes vertébrales et à têtes et cavités céphalothoraciques soudées (anadidymes). Si au contraire les lignes primitives forment un angle peu ouvert, suivant la grandeur de cet angle, on aura des monstres différents ; pour un angle de 10 à 12°, on a un monstre à une seule colonne vertébrale et à parties postérieures doubles. Pour expliquer la formation de monstres à extrémités antérieures doubles semblables au sujet étudié par le Dr Siegenbeck on s'appuie sur cette observation que les lignes primitives placées l'une à côte de l'autre tendent à diverger dans leurs parties antérieures. Suivant que la divergence sera plus ou moins grande, la région ou les deux lignes se soudent sera plus petite, parfois même elles resteront écartées et on aura des sujets à extrémités antérieures et postérieures doubles unies par une partie plus ou moins étendue de la colonne vertébrale ou seulement, comme c'est ici le cas, par le sternum ou toute autre portion de la périphérie du tronc. Que les deux lignes primitives s'écartent davantage encore, et on aura deux jumeaux normaux. De cet examen, le Dr Siegenbeck conclut que dans le cas particulier qu'il a étudié, les deux lignes primitives devaient être placées l'une à côté de l'autre, formant un petit angle à une distance assez grande pour produire le développement des deux cordes dorsales. Au moment du développement de la cavité céphalothoracique et du cou elles se sont rencontrées.

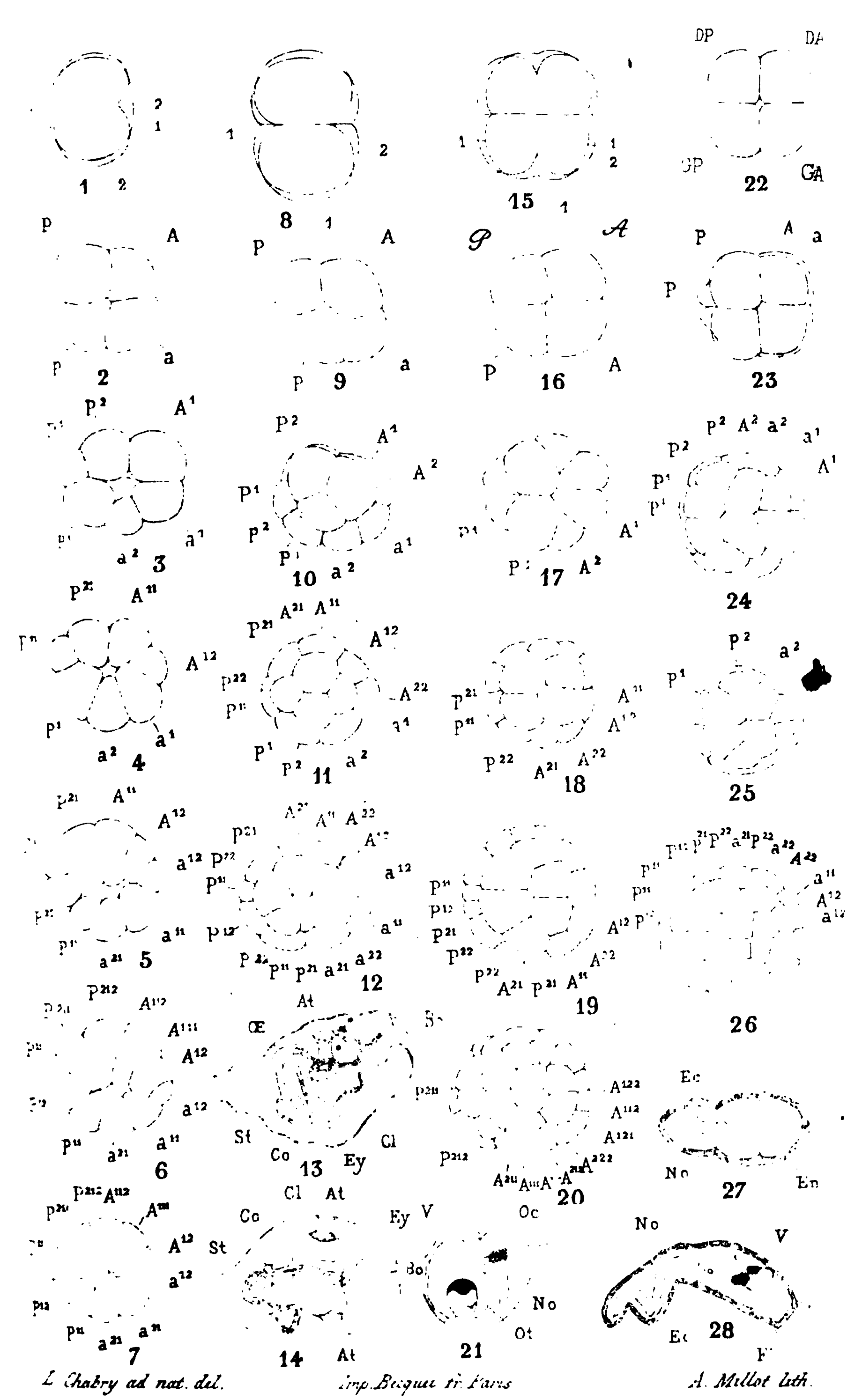
Sur la question de savoir comment une tache embryonnaire à doubles lignes primitives peut se développer sur un œuf normal, l'auteur émet cette hypothèse : il est incontestable que les cellules filles, provenant par division de la cellule ovulaire ne ressemblent pas à cette dernière. Mais on peut supposer que ces cellules filles ou celles auxquelles elles donnent naissance, si elles sont ordinairement dissemblables, peuvent aussi dans des circonstances particulières avoir absolument la même valeur. Elles peuvent dès lors donner deux groupes d'ectoderme qui constitueront chacun leur ligne primitive. Si l'on suppose que c'est quelque cellule d'une génération postérieure à la cellule mère de la ligne primitive qui engendre ainsi deux cellules filles de même valeur, on arrive à expliquer très bien tous les cas de monstruosité par excès. Le Dr Siegenbeck admet que, dans le processus de division, la cellule mère primitive se divise en trois cellules dont deux jouent le rôle de cellules mères, relativement aux groupes primitifs de l'ectoderme, tandis que la troisième remplit son rôle normal. Cette division Karyocinétique en trois, qu'il a désignée ailleurs (Virchow's Arch. Bd. 107), par le terme « atypique » se rencontrerait aussi bien dans les tissus normaux que dans les néoplasmes.

L'auteur présente cette hypothèse comme supplément de la théorie admise actuellement. En partant de cette nouvelle théorie, toutes les monstruosités par excès s'expliquent sans le moindre effort. Le processus peut se produire non seulement dans les premiers segments de l'œuf et les cellules de la blastula et de la gastrula, mais partout ailleurs et dans tout autre stade.

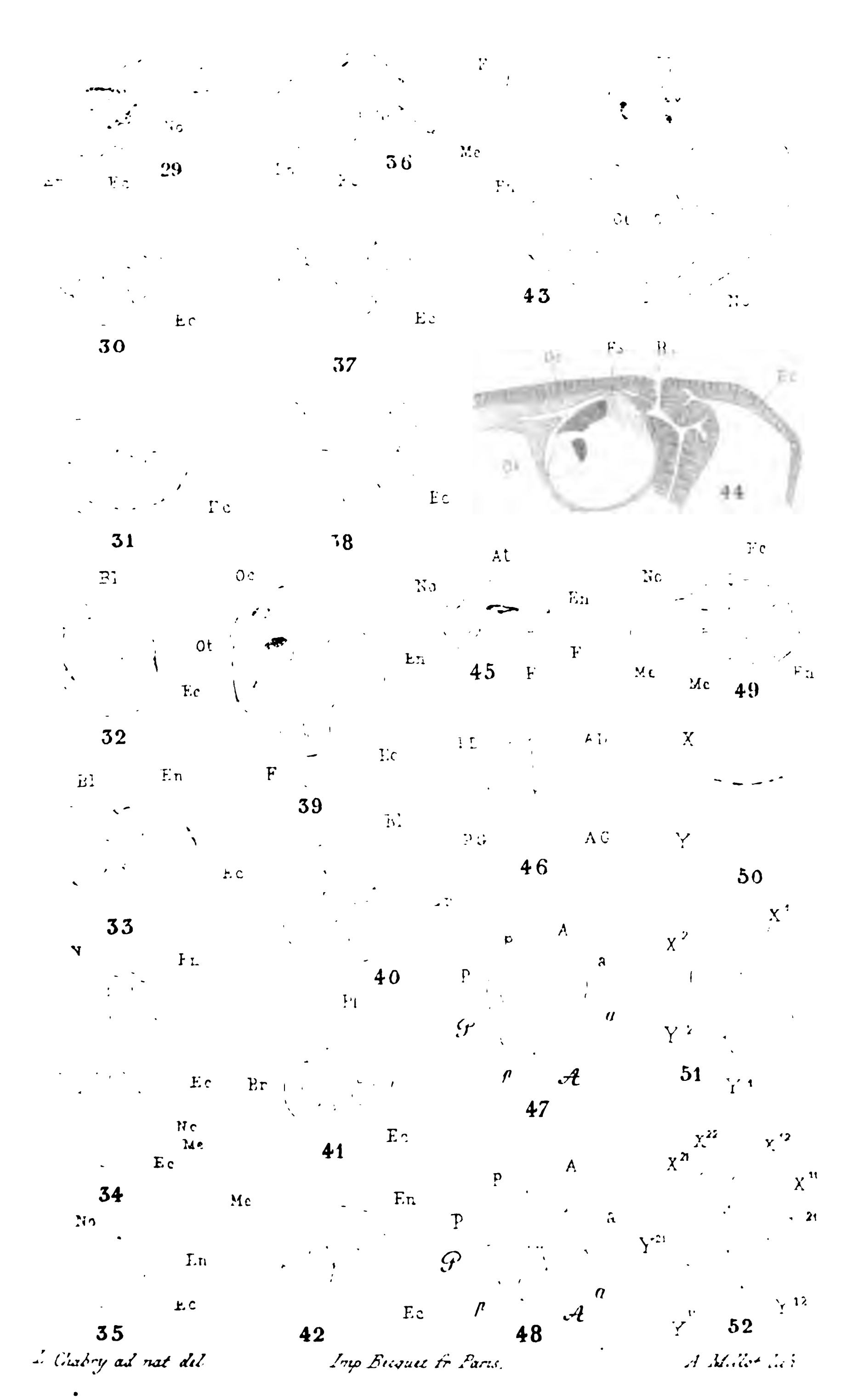
Le Propriétaire-gérant,

Félix ALCAN.

Saint-Denis. — Imprimerie Ch. Lambert, 17, rue de Paris.

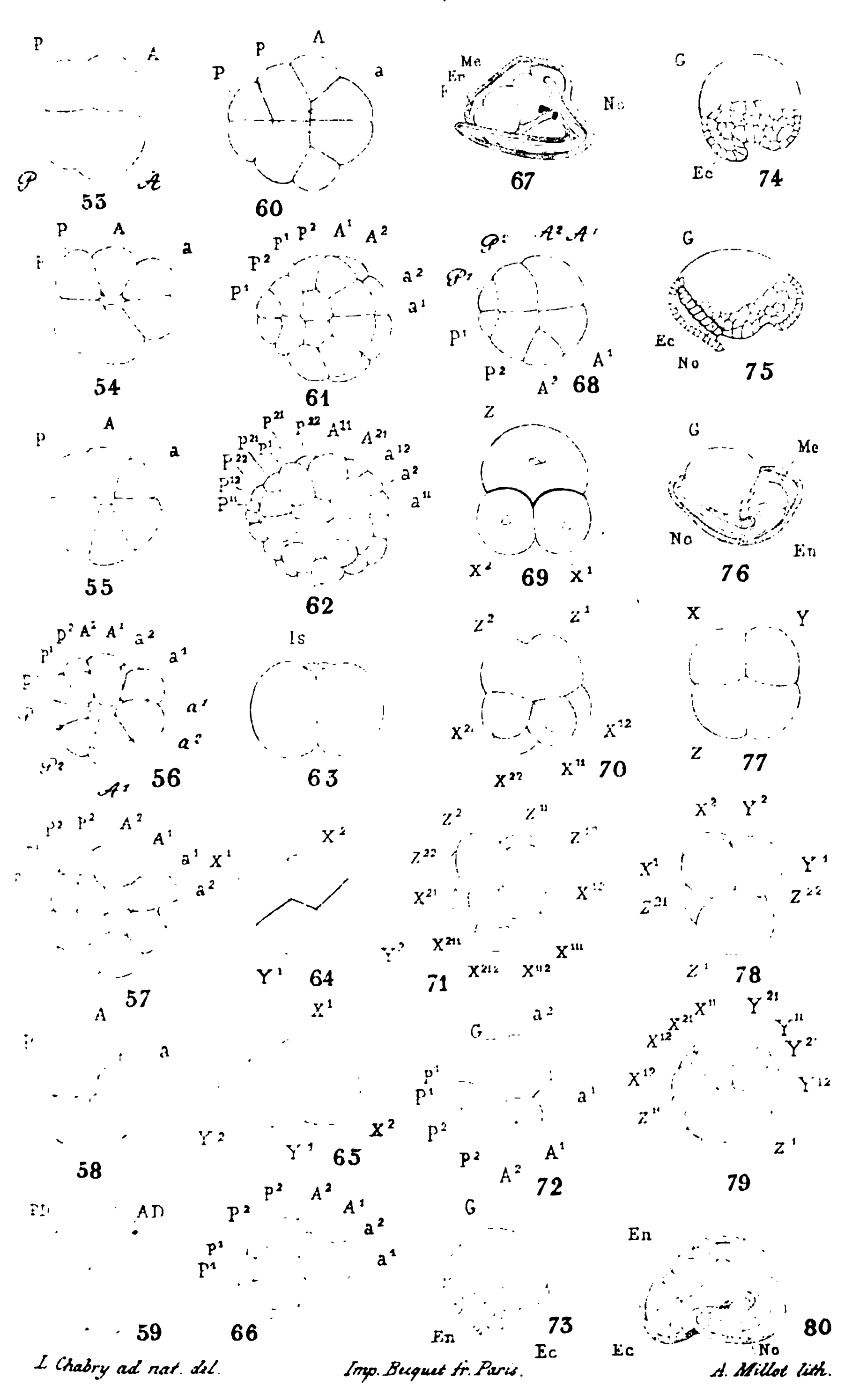

1
8
15
22
2
9
16
23
3
10
17
24
4
11
18
25
5
12
19
26
6
13
20
27
7
14
21
28
L. Chabry ad nat. del.
Imp. Becquet fr. Paris
A. Millot lith.

Ascidies.



L. Chabry ad nat. del. — Imp. Becquet fr. Paris. — A. Millot lith.

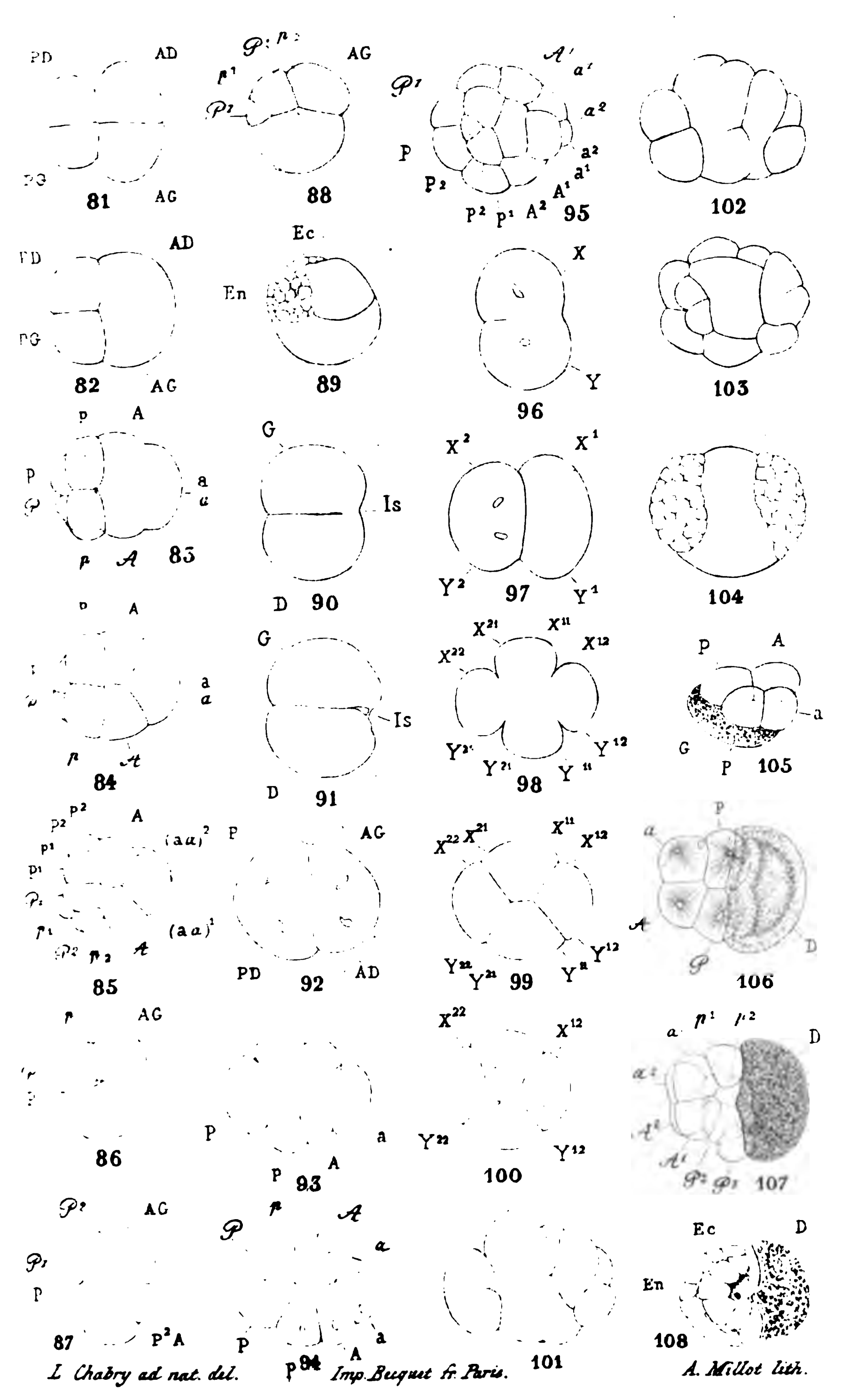
Ascidies.



L. Chabry ad nat. del. *Imp. Becquet fr. Paris.* *A. Millot lith.*

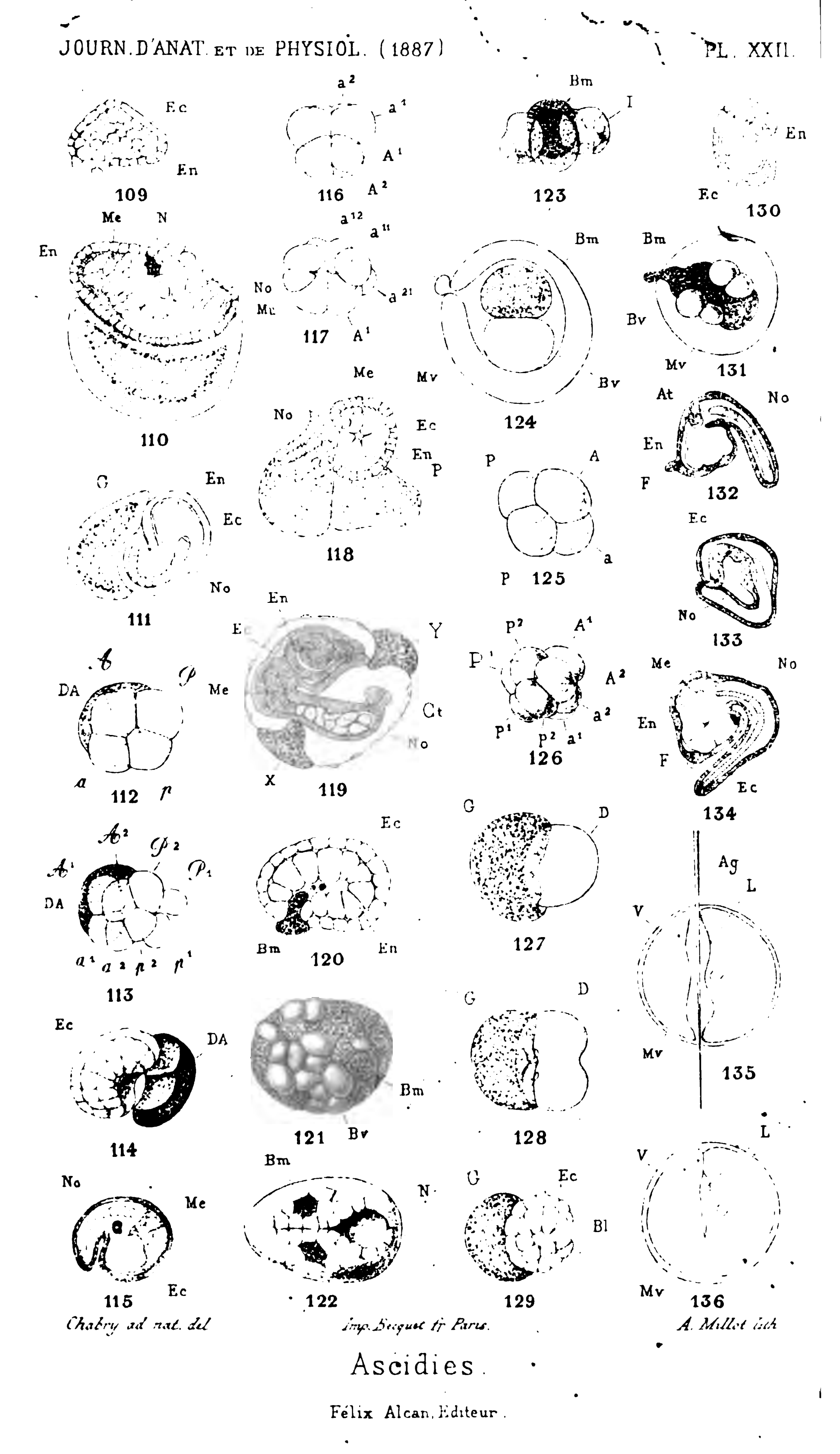
Ascidies.

Félix Alcan Éditeur



Ascidies.

Félix Alcan, Éditeur.



Chabry ad nat. del. Imp. Becquet fr. Paris. A. Millot lith.

Ascidies.

Félix Alcan, Éditeur.

DE L'INFLUENCE DU FROID ET DE LA CHALEUR

SUR LES

PHÉNOMÈNES CHIMIQUES DE LA RESPIRATION

ET DE LA NUTRITION ÉLÉMENTAIRE

Par Ch.-E. QUINQUAUD

Nous avons commencé par étudier l'action du froid et de la chaleur en plongeant les animaux dans des bains chauds ou des bains froids. En variant les degrés de la température, nous avons pu ainsi modifier à notre gré les conditions expérimentales et suivre pas à pas lès changements qui se produisent dans les phénomènes chimiques de la respiration et de la nutrition élémenmentaire.

En parcourant la littérature médicale, c'est à peine si l'on trouve quelques rares expériences bien exécutées dans le but d'étudier l'influence du froid et de la chaleur humides sur la nutrition.

Cette étude expérimentale ainsi restreinte est donc complètement neuve sur un grand nombre de points. Nous avons pensé pouvoir résoudre les différents problèmes qui s'y rattachent en nous servant des méthodes physico-chimiques les plus exactes; la plupart des procédés employés nous sont personnels.

William Edwards, Larrey, Brown-Sequard, Colin, Sanders-Ezn, Hoppe, Jürgensen, Wertheim, Ziemssen et Immermann, Lehmann, Böcker et Kirejeff, Horvath, surtout Liebermeister et E. Pflüger, ont rapporté des faits intéressants qui resteront dans la science; mais les méthodes suivies ne présentent pas toutes les garanties d'une très grande exactitude; de plus, les conditions des expériences n'ont pas été assez multipliées.

En un mot, cette question du froid et de la chaleur humides sur les phénomènes chimiques de la respiration et de la nutrition est presque neuve si nous la considérons au point de vue expérimental.

I. — Action des bains sur les phénomènes chimiques de la respiration.

Un mot de technique. — Il faut recueillir et mesurer l'air expiré pendant l'expérience. La méthode générale est celle de Gréhant et Quinquaud, méthode que j'ai modifiée ultérieurement.

Le dispositif que nous adoptons pour ces études est le suivant: on fait respirer l'animal à travers les soupapes de Müller, avant, pendant et après le bain, on fait circuler à travers ses poumons un nombre de litres d'air parfaitement déterminé, soit en le faisant respirer à travers un compteur à gaz, soit, ce qui est préférable pour éviter un trouble respiratoire, dans un grand ballon de caoutchouc assez épais, renfermant un nombre de litres d'air bien mesuré, dont on aura préalablement essayé l'imperméabilité pendant 48 heures; à l'aide d'un manomètre et de l'analyse des gaz il sera facile de résoudre cette question.

L'animal inspire et expire à travers des robinets à trois voies d'un grand calibre, dont j'ai montré plusieurs spécimens à la Société de biologie; il respire à travers les soupapes de Müller, dont les tubes communiquants ont un calibre supérieur à celui de la trachée du chien.

Or, voici des chiffres pour la trachée de ce dernier : pour un chien de 18 kilogrammes, diamètre antéro-postérieur, 15 millimètres; transversal, 18 millim.; — pour un chien de 10 kilogr.: diamètre antéro-postérieur, 12 millim.; diamètre transversal, 14 millim.

Les tubes qui servent à la respiration du chien doivent être courts, et mesurer 20 millimètres de diamètre.

Lorsque l'eau des soupapes vient d'être renouvelée, l'animal doit respirer un quart d'heure à vingt minutes avant de recueillir l'air expiré; de cette manière, l'eau se sature d'acide carbonique, de telle sorte que pendant l'expérience elle ne retient plus d'acide et n'en donne pas.

Il faut s'assurer que les soupapes ne sont pas insuffisantes, que les flacons gardent bien, — ceux-ci sont fermés avec le plus grand soin; la muselière est rigide dans toute son étendue, excepté au niveau du museau, où elle présente un bourrelet élastique que l'on peut gonfler à volonté et qui s'adapte en arrière des commissures labiales. On fait quelques essais pour savoir si

la quantité d'air expirée dans le deuxième ballon est la même que la quantité renfermée dans le premier; pour cela il suffit de vérifier à l'aide d'une cloche graduée munie d'un robinet; cette cloche est préalablement remplie d'eau, le niveau supérieur est surélevé au-dessus du niveau de l'eau de la cuve; on y adapte le ballon, on ouvre le robinet et le gaz prend la place du liquide, qui s'écoule dans la cuve. — Il est bon de placer une couche d'huile à la surface de l'eau pour empêcher l'absorption de l'acide carbonique.

Si la quantité d'air expirée dans le dernier ballon était inférieure à celle que l'on avait mise dans le premier, il faudrait en chercher la cause dans un lut insuffisant, ou dans un défaut de la muselière qui ne garderait pas.

Il est indispensable d'obvier à tous ces inconvénients, de recommencer les dosages jusqu'à ce que la quantité d'air soit égale dans le premier et dans le second ballon.

Supposons que l'air expiré ait été recueilli dans d'excellentes conditions, il faut alors faire une prise pour l'analyse eudiométrique; on met en communication le second ballon, renfermant l'air expiré avec une série de flacons Durand préalablement lutés: d'abord deux flacons renfermant SO^4H^2 qui absorbent la vapeur d'eau, puis deux flacons de solution de potasse, que l'air à analyser traverse bulle à bulle, grâce à une trompe aspiratrice Golaz; enfin, un autre flacon de SO^4H^2 doit retenir la vapeur d'eau s'échappant des deux flacons de potasse qui absorbent l'acide carbonique.

Les trois derniers flacons pesés, avant et après, donnent le poids de CO^2.

Reste à faire une prise d'air débarrassé de vapeur d'eau et d'acide carbonique, le barbotage n'étant pas terminé : pour cela il suffit de disposer un tube en T sur le trajet des tubes où se fait l'aspiration (voy. fig. 1).

La branche horizontale est en communication avec les barboteurs. Trois pinces à pression $pp'p''$ articulées en V d'un côté, avec pas-de-vis de l'autre servent à interrompre toute communication entre les barboteurs B et l'appareil à régulation R.

La branche verticale est en rapport, à l'aide d'un caoutchouc, avec la pompe à mercure P.

Ce régulateur de pression R est fort simple : il se compose

d'une longue éprouvette contenant du mercure jusqu'en M; elle est fermée par un bouchon de caoutchouc percé de deux trous: l'un est traversé par un tube muni d'un robinet simple *b*, l'autre laisse passer un tube de verre recourbé qui va se rendre à un petit réservoir d'air E, consistant en un flacon de verre fermé par un bouchon à deux trous: l'un reçoit le tube du régulateur,

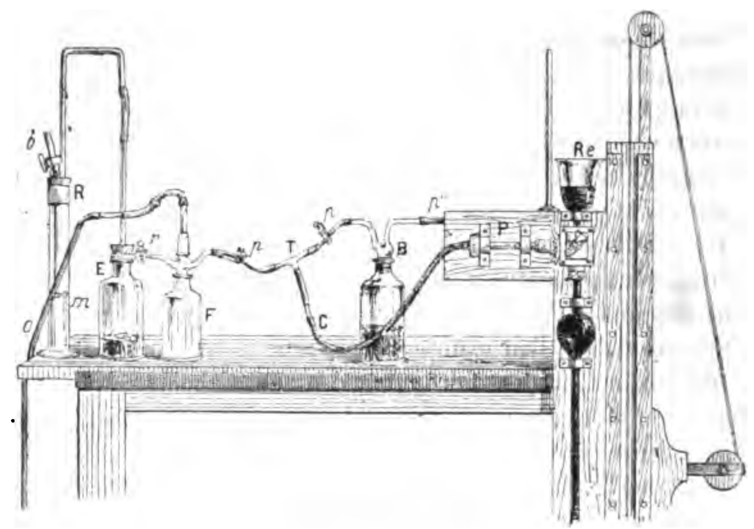


Fig. 1.

l'autre laisse passer la branche verticale d'un tube en T, la branche horizontale étant en communication d'une part avec une trompe aspiratrice à eau de Golaz O, d'autre part avec un flacon F qui est en rapport avec les barboteurs B et avec un tube à robinet par où il sera également facile de recueillir un volume connu d'air expiré.

La régularisation des barboteurs se fait à l'aide de l'aspiration par la trompe, par l'entrée de l'air qui est réglée grâce au robinet *b*.

Prise de l'air expiré. — Pour faire une prise de gaz, on place près des barboteurs une pompe à mercure d'Alvergniat P, dont la partie horizontale et aspiratrice communique par le tube en caoutchouc C et le tube en T avec les tubes de l'aspiration. On ferme les trois pinces à pression *p, p' p''*; on chasse l'air de la pompe, on descend la deuxième boule, ce qui produit un vide dans la pompe, on tourne les robinets de la pompe, on ouvre alors *p' p''*

et on laisse fermé *p*, le barbotage commence, on peut en régler la vitesse à l'aide des pinces *r'* et *r''* ou avec le robinet de la pompe.

Supposons que l'air soit chassé de la pompe à mercure, on abaisse le réservoir mobile, on ouvre graduellement les pinces *r'* et *r''* situées du côté du ballon. L'air barbote à travers SO^4H^2 et la potasse avant de pénétrer dans le réservoir de la pompe, celle-ci est vidée, remplie de nouveau par la même manœuvre et ainsi de suite à trois ou quatre reprises : on dispose alors l'eudiomètre sur la petite cuvette à mercure de la pompe R *e*, on fait pénétrer dans l'appareil 80 à 150 cc. d'air destinés à l'analyse, on ajoute une quantité d'hydrogène suffisante pour la combustion — on fait passer l'étincelle et on calcule en centièmes la quantité d'oxygène que contient l'air expiré par l'animal. De cette manière on détermine le volume d'oxygène absorbé pour un volume connu d'air expiré et pour un temps donné.

Disons ici une fois pour toutes que le volume des gaz dans toutes les expériences est ramené à 0° et à 760.

Méthode très exacte pour recueillir l'air expiré et en faire l'analyse eudiométrique afin de connaître la quantité d'oxygène

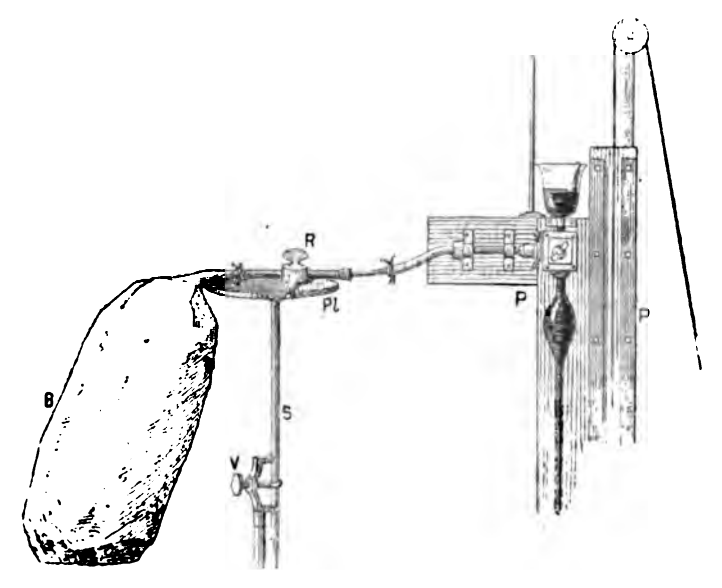


Fig. 2.

absorbée. — Le procédé que nous venons d'exposer peut conduire à l'erreur si on n'a pas grand soin de laisser barboter l'air

expiré pendant plusieurs heures, de manière à ce que tout l'air des espaces nuisibles des barboteurs ait été chassé.

Nous préférons un procédé beaucoup plus sûr, qui est le suivant.

On recueille l'air expiré dans un petit ballon B fait avec d'excellent caoutchouc, d'une capacité de 10 litres environ — on mesure et le temps et le volume d'air expiré — à l'une de ses extrémités on ajuste, au préalable, un robinet à trois voies R.

On met en communication ce ballon avec une pompe à mercure P P. Le robinet et le ballon sont maintenus en place à l'aide d'un support S, couronné d'un plateau P*l* qui peut s'élever ou s'abaisser, à l'aide d'une vis à pression V.

Avant de chasser une partie de l'air du ballon B dans l'eudiomètre, il faut, en raison des espaces nuisibles, faire trois ou quatre prises d'air que l'on perdra en les chassant à l'extérieur. Ceci fait, on fera passer l'air dans l'eudiomètre de la même manière que dans le procédé décrit précédemment, on absorbera l'acide carbonique avant la production de l'étincelle dans l'eudiomètre.

A. — Influence du bain très froid sur l'absorption de l'oxygène.

Le dispositif dont je me suis servi pour faire cette étude est très simple : il consiste à faire respirer 50 à 100 litres d'air à travers les soupapes de Müller, de recueillir l'air expiré, de le faire passer bulle à bulle à travers les flacons de Durand à moitié pleins d'une solution de potasse qui absorbe l'acide carbonique, de faire une prise de ce gaz à la sortie du flacon; ou bien de prendre l'air expiré dans un gazomètre à rainure où la surface du liquide est très minime, d'absorber l'acide carbonique par la potasse et de soumettre 100 à 150 c.c. du gaz à l'analyse eudiométrique.

Pour déterminer la quantité absolue d'oxygène dans un temps donné avant et après le bain, nous avons fait chaque fois trois analyses très exactes, les nombres obtenus ont toujours été les mêmes; pour recueillir l'air expiré il est préférable d'employer notre dernière méthode.

La technique étant connue, voyons les résultats :

Afin d'exagérer les différences d'absorption avant, pendant et

après le bain froid, nous avons donné à l'animal des bains dont la température a varié de 6 à 13°.

Dans un premier cas, avant le bain le chien absorbait 175 c. c. d'oxygène en 4 min. 38", tandis qu'après le bain il en consommait 675 c. c. en 1 min. 40" ou 1882 c. c. en 4 min. 38" c'est-à-dire dix fois plus qu'à l'état normal.

Dans une seconde expérience le chien absorbait avant la réfrigération 1900 c. c. d'oxygène en 20 min. 16"; pendant le bain sa température rectale était à 32°,5 et il consommait 3992 c. c. d'oxygène dans le même temps, c'est-à-dire en 20 min. 16".

L'animal plongé dans une eau très froide réagit et consomme beaucoup plus d'oxygène que lorsqu'il est placé dans un milieu plus chaud bien que sa température centrale diminue.

D'ailleurs on connaissait déjà le même fait lorsque l'animal respire dans un milieu aérien.

Voici des expériences démonstratives avec quelques détails :

Expérience du 2 mars faite sur un chien de 10 kg. — *Absorption de l'oxygène de l'air avant et après un bain très froid.* — En opérant ainsi nous trouvons que l'animal absorbe 1900 c. c. d'oxygène en 20 min. 16". La température rectale est à 38°, le nombre des respirations par minute est de 22.

Les pattes postérieures et le tiers inférieur de l'abdomen sont plongés dans un bain à 6°; la durée du séjour est de 20 minutes. La température rectale descend à 32°,5 : à ce moment on recueille l'air expiré, on fait l'analyse et l'on trouve que l'animal absorbe dans le même temps, c'est-à-dire en 20 min. 16" 3992 c. c. d'oxygène.

Sous l'influence du bain froid ce chien absorbe donc plus de deux fois autant d'oxygène que lorsqu'il respire dans les conditions physiologiques.

Le bain froid favorise par conséquent la consommation de l'oxygène avec une température centrale de 32°,5, mais il faut que la réfrigération soit rapide, sinon l'absorption de l'oxygène serait diminuée par rapport à la normale lorsque la chaleur centrale descendra au dessous de 30°.

Expérience du 5 mars faite sur un chien de 11 kg. 500. — *Influence du refroidissement sur l'absorption d'oxygène et sur l'exhalation pulmonaire de CO^2.* — Avant le bain, la température rectale est à 38°, la respiration à 20 par minute. — 25 litres d'air circulent à travers les poumons en 3 m. 38" et l'animal exhale 1 gr. 20 d'acide carbonique. Il consomme dans le même temps 175 c. c. d'oxygène.

A 10 h. 25 m. on plonge le chien dans un bain à 6°,8. A 11 h. 15 on le retire du bain, la température rectale est à 33°, la respiration à 28; 25 litres d'air traversent l'arbre aérien en 1 m. 40", l'animal exhale 1 gr. 70 d'acide carbonique et consomme 675 c. c. d'oxygène.

Proportionnellement le chien ne devrait exhaler que 0 gr. 43 CO^2 en 1 m. 40", il exhale donc après le bain 1 gr. 27 en plus.

Concluons donc que sous l'influence du bain très froid, au moment où la température prise dans le rectum est inférieure à la normale, l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique est augmentée en même temps que la consommation d'oxygène est très activée.

Expérience du 4 mai faite sur un chien de 6 kg. 500. — *Influence du bain sur l'absorption de l'oxygène et sur l'exhalation de l'acide carbonique.* — Avant le bain la température rectale est à 40°,7, la respiration à 48. — 25 litres d'air circulent en 5 m. 40" et contiennent 0 gr. 60 d'acide carbonique ou 2 gr. 12 en 20 minutes. 8 litres d'air circulent en 1 m. 45", l'analyse eudiométrique de cet air expiré permet de constater que l'animal absorbe 868 c.c. 5 d'oxygène en 10 minutes.

A 3 h. 30 m. on plonge le tiers postérieur de l'animal dans un bain à 12°,5.

A 3 h. 35 m. T. R. 40°,9, — à 6 h. T. R. 30°,3.

25 litres d'air circulent en 9 minutes; l'acide carbonique exhalé est de 1 gr. 81 c'est-à-dire 4 gr. 2 en 20 minutes.

8 litres d'air circulent en 4 m. 13" la température rectale étant à 30°,4.

L'analyse eudiométrique fait voir qu'après le bain froid, l'animal absorbe 1045 c. c. d'oxygène, c'est-à-dire beaucoup plus qu'à l'état normal.

Le bain froid produit donc une double modification dans les phénomènes chimiques respiratoires : il augmente l'absorption de l'oxygène et il fait accroître l'exhalation pulmonaire de CO^2.

Expérience du 5 mai faite sur un chien de 12 kg. — *Absorption d'oxygène, exhalation de CO^2 sous l'influence du bain froid.* — La température rectale est de 39°, la respiration à 24, l'animal exhale 1 gr. 07 CO^2 en 6 m. 25" ou 3 gr. 33 en 20 minutes. — 25 litres d'air circulent à travers les poumons en 6 m. 25". Il absorbe en 10 m. 1741 c. c. d'oxygène.

A 10 h. 5 m. on place l'animal dans un bain à 12°,7.

A 10 h. 10 m. la température rectale est de 38°,7.

A midi le thermomètre marque 31°,3.

C'est alors que l'on fait respirer le chien pour obtenir l'oxygène absorbé et l'acide carbonique exhalé :

25 litres d'air circulent en 4 m. 50", l'animal exhale 8 gr. 32 d'acide carbonique en 20 m. ou 2 gr. 01 en 4 m. 50".

L'absorption de l'oxygène est de 2510 c.c. en 10 m., ou 472 c.c. en 1 m. 53".

Le 7 mai, la température rectale est de 39°,20 — 25 litres d'air circulent en

5 m. 20", l'acide carbonique exhalé est de 4 gr. 10 en 20 m., ou 1 gr. 09 en 5 m. 20".

Cette expérience démontre très nettement l'influence du bain froid sur l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique. On y remarque que l'absorption de l'oxygène augmente notablement bien que la température descende de 39° à 31°,3. Avant le bain à 12° l'absorption était de 1741 c.c. d'oxygène en 10 minutes, tandis qu'après le bain, l'oxygène absorbé était de 2510 c. c. pour le même temps.

En outre la quantité d'acide carbonique exhalé subissait un accroissement encore plus notable. — Avant le bain l'animal exhalait 3 gr. 33 d'acide carbonique en vingt minutes, tandis qu'après le bain, l'exhalation était de 8 gr. 32 dans le même temps.

Le surlendemain, le 7 mai, l'exhalation de l'acide carbonique était de 4 gr. 10, chiffre encore un peu supérieur à la normale.

TABLEAU MONTRANT L'INFLUENCE D'UN BAIN TRÈS FROID SUR L'ABSORPTION DE L'OXYGÈNE.

Dates des expériences.	Température du bain.	Température rectale avant le bain.	Température rectale après le bain.	Oxygène absorbé en 10 m. avant le bain.	Oxygène absorbé en 10 m. après le bain.	Différence en plus après le bain.
8 mars	6°	38°	32°5	937cc	1969cc	1032cc
5 mars	6°8	38°	33°	481cc	4050cc	3569cc
4 mai	12°5	40°7	30°3	868cc 5	1045cc	176cc
5 mai	12°7	39°	31°3	1741cc	2510cc	769cc

Le bain partiel ou général fait augmenter l'absorption de l'oxygène, les chiffres du tableau ci-dessus le prouvent surabondamment; mais une simple *immersion* dans l'eau froide suffit pour que l'absorption de l'oxygène soit plus considérable qu'à l'état physiologique.

Voici des analyses qui viennent à l'appui de cette dernière proposition :

EXPÉRIENCE du 1er mai faite sur un chien. — *Influence de l'immersion dans l'eau froide et du bain froid prolongé sur l'absorption de l'oxygène.* — Avant le bain, la température rectale est de 38°,2; — 8 litres d'air circulent en 1 m. 48", l'absorption de l'oxygène est de 272 c. c. ou de 1511 c. c. en dix minutes.

Après cinq minutes de bain à 11° on retire l'animal, et, cinq minutes après, 8 litres d'air circulent en 1 m. 33"; la température rectale s'élève à 39°,4; l'absorption de l'oxygène est de 344 c. c. ou 2219 en dix minutes.

Le chien est sorti du bain jusqu'à 4 h. 18 m.; à ce moment l'animal respire 8 litres d'air en 2 m. 48", la température rectale est de 38°,2, l'absorption de l'oxygène est de 300 c. c. ou 1082 c. c. en dix minutes.

A 5 h. 20 m. la température rectale est de 37°, l'animal frissonne; 8 litres d'air circulent en 1 m. 31"; l'absorption d'oxygène est de 208 c. c. ou de 1377 c. c. en dix minutes.

A 6 h. 20 m., la température rectale est de 35°,5; — 8 litres d'air circulent en 1 m. 47"; l'absorption de l'oxygène est de 360 c. c. ou 2000 c. c. en dix minutes.

Cette expérience fait voir plusieurs faits intéressants :

1° La simple immersion dans l'eau froide suffit pour augmenter l'absorption de l'oxygène dans de notables proportions. Avant l'immersion, l'animal absorbait 1511 c. c. d'oxygène en dix minutes, tandis qu'après l'avoir plongé pendant cinq minutes dans l'eau froide il en absorbe 2219 c. c. dans le même temps.

On comprend donc que les bains froids, même de courte durée, favorisent l'oxygénation et les phénomènes nutritifs.

2° Dans l'immersion de courte durée la température centrale subit de faibles variations; mais, en prolongeant le bain froid, la température rectale diminue, et à 35°,5 l'absorption de l'oxygène est plus considérable qu'à l'état normal. Nous avons vu qu'avant l'administration du bain froid, le chien absorbait 1511 c. c. en dix minutes, tandis qu'après il en absorbe 2000 c. c. en dix minutes ou moment où la température rectale s'était abaissée à 35°,5.

B. — Influence du bain très chaud sur l'absorption de l'oxygène.

Sous l'influence des bains chauds, l'exhalation pulmonaire d'acide carbonique et l'absorption d'oxygène sont augmentées.

L'animal plongé dans un bain, même partiel, très chaud consomme dans l'unité de temps deux fois plus d'oxygène qu'à l'état normal lorsque la température du bain est élevée. Ainsi dans une expérience, le chien, avant le bain, absorbait 800 c. c. d'oxygène en 20 m. 40", tandis que la consommation d'oxygène, après le bain, était de 1600 c. c. dans le même temps.

Toutefois, le phénomène est loin d'être toujours aussi accusé ; l'augmentation de l'oxygène absorbé est parfois faible : dans certains cas même la quantité de ce gaz absorbé est inférieure à la normale. — Ces faits se rencontrent surtout dans les bains généraux, avec élévation progressive de la température.

Voici des expériences qui sont une démonstration de la loi générale que nous venons de formuler.

Expérience du 10 mars faite sur un chien de 10 kg. 500. — *Influence du bain très chaud sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2 *et sur l'absorption de l'oxygène.* — Avant le bain la température rectale est à 38°,5, la respiration à 20 par minute; 25 litres d'air exhalés en 5 m. 40" contiennent 1 gr. 34 CO^2.

L'animal absorbe 637 c. c. d'oxygène en 5 m. 40".

A 5 h. 30 m. du soir, on plonge l'animal tout entier dans un bain à 48°. A la sortie du bain, la température rectale est à 41°,2.

A ce moment 25 litres d'air expirés en 5 minutes donnent 1 gr.,30 CO^2. — Or, proportionnellement, l'animal devrait exhaler 1 gr. 12 CO^2 en cinq minutes, le bain très chaud a donc augmenté l'exhalation pulmonaire de CO^2.

En même temps le chien absorbe 888 c. c., 6 d'oxygène, chiffre plus élevé que le taux normal.

Concluons que le bain chaud augmente l'absorption de l'oxygène par les poumons.

Expérience du 6 mars faite sur un chien de 11 kg. 500. — *Influence du bain très chaud sur l'absorption de l'oxygène et sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température rectale est à 38°,5, la respiration à 12 par minute. — 25 litres d'air expirés en 5 m. 10" contiennent 1 gr. 13 CO^2.

On plonge l'animal dans le bain à 52°. — Après vingt minutes, la température rectale est à 41°,5, la respiration à 28; 25 litres d'air expirés en 2 m., 35" donnent 0 gr. 71 CO^2.

Toute proportion gardée, le chien devait rejeter 0 gr. 56 d'acide carbonique en 2 m. 35"; or, il en exhale 0 gr. 71, soit 0 gr. 15 en plus; le bain très chaud augmente donc un peu l'exhalation pulmonaire de CO^2 lorsqu'il élève la température à 41°,5.

Avant le bain l'animal consomme 800 c. c. d'oxygène en 20 m. 40", et, après le bain, la température rectale étant à 41°,5, il en absorbe 1600 c. c. dans le même temps.

Le bain très chaud a pour effet d'accroître la consommation d'oxygène en même temps qu'il augmente l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique.

TABLEAU MONTRANT L'INFLUENCE DU BAIN TRÈS CHAUD SUR L'ABSORPTION D'OXYGÈNE.

Dates des expériences.	Température du bain.	Température rectale avant le bain.	Température rectale après le bain.	Oxygène absorbé en 10 m. avant le bain.	Oxygène absorbé en 10 m. après le bain.	Différence en plus après le bain.
6 mars	52°	38°5	41°6	387cc	774cc	387cc
10 mars	48°	38°5	41°2	1224cc	1776cc	652cc

Renouvellement de l'air dans les poumons sous l'influence des bains chauds. — Pendant que l'animal est plongé dans un bain

chaud, l'air des vésicules pulmonaires se renouvelle avec une grande rapidité; pendant et après le bain, le chien fait circuler à travers ses poumons deux fois plus d'air qu'à l'état normal; d'autres fois cependant la ventilation pulmonaire est moins active, mais elle est en général plus parfaite pendant et après le bain qu'avant ce dernier.

Il est facile d'en trouver des exemples dans les expériences rapportées précédemment.

C. — Action des bains froids sur l'exhalation pulmonaire de CO^2.

Un mot du procédé. — Pour étudier les modifications qui se produisent dans l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique, on détermine très rigoureusement la quantité d'acide carbonique exhalée par un chien à *l'état normal,* avant le bain, d'apres la méthode de Gréhant et Quinquaud. On fait circuler à travers les poumons de l'animal, en mesurant le temps, un nombre déterminé de litres d'air, ou bien on se contente de faire respirer le même temps avant et après le bain. — Ou bien encore on se sert du petit ballon de 10 litres, devant servir à l'eudiométrie. Il est préférable de faire circuler à travers les poumons un volume donné d'air 25 à 50 litres, de faire un barbotage lent produit par la trompe de Golaz; la pesée à l'aide d'une grande balance pesant trois à cinq kilogrammes au centigramme donne des chiffres très exacts.

On plonge l'animal dans le bain froid, on attend cinq à dix minutes, puis on fait respirer de la même manière que précédemment à travers les barboteurs Durand, l'animal étant dans le bain ou hors du bain; dans les deux cas, le résultat est le même.

Voyons maintenant les résultats obtenus :

Sous l'influence des bains froids, lorsque la température rectale descend à 32°,8, à 32°,3, à 32°,9, à 29°, à 28°,2, à 27°, *l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique augmente constamment;* les proportions relatives subissent seules quelques variations en rapport avec des facteurs variables tels que la température du bain, la température centrale de l'animal. Nous rencontrons ici ce fait en apparence paradoxal : augmentation de l'exhalation

pulmonaire de CO^2 coïncidant avec un abaissement de la température centrale; mais il suffit de faire remarquer que la diminution de la température centrale n'est pas synonyme de quantité de chaleur produite en moins par l'organisme animal, et partant il peut y avoir une production de chaleur plus considérable coïncidant avec une température centrale relativement inférieure.

Prenons quelques exemples. Un animal exhale pendant le bain froid 1 gr. 19 CO^2 dans l'unité de temps; or, il n'en exhale que 0 gr. 47 à l'état normal dans le même temps; donc, sous l'influence du bain, il exhale 0 gr. 72 en plus.

Un second chien rejette avant le bain froid 1 gr. 10 d'acide carbonique dans un temps donné, tandis qu'après le bain il en exhale 1 gr. 48; le bain froid a donc fait augmenter l'exhalation de 0 gr. 38.

Un troisième chien, dont la température normale est à 38°,9, abandonne à l'air en cinq minutes 0 gr. 73 CO^2; après le bain, il en rejette 0 gr. 85 dans le même temps, la température rectale étant à 27°,5; enfin, lorsque la température est à 26°,8, il en exhale 0 gr. 90.

On pourrait objecter que l'augmentation de l'acide carbonique tient à l'agitation de l'animal pendant le bain; il n'en est rien, attendu que le chien est toujours fortement attaché sur sa gouttière et ne peut faire que des mouvements limités; de plus, certains chiens commencent par s'agiter pendant deux ou trois minutes; mais bientôt ils deviennent calmes pendant le reste de l'expérience; en outre on peut toujours les immobiliser à volonté; les résultats que nous avons obtenus dans ces conditions variées d'expérimentation sont toujours restés les mêmes.

Voici d'ailleurs des expériences démontrant avec la dernière évidence que, sous l'influence des bains très froids dont la température oscille entre trois et six degrés, la quantité d'acide carbonique exhalée est beaucoup plus grande qu'à l'état normal.

EXPÉRIENCE du 3 mai faite sur un chien de 9 kg. — *Influence de la réfrigération sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température rectale est de 39°, la respiration est à 18 par minute. L'animal fait circuler 25 litres d'air à travers ses poumons en 3 m. 10"; il exhale 0 gr. 99 CO^2 dans le même temps.

A 10 heures, on plonge la moitié du corps dans un bain à 60°; à 10 h. 50 m. la température rectale est à 32°,3.

A ce moment on le fait respirer, et 25 litres d'air expirés en 1 m. 32" contiennent 1 gr. 19 CO^2.

Proportionnellement à la normale, le chien devrait exhaler 0 gr. 47 en 1 m. 32"; or, il en exhale 1 gr. 19 dans le même temps.

Le bain très froid active donc l'exhalation pulmonaire de CO; il favorise aussi la *ventilation pulmonaire,* puisqu'avant le bain l'animal fait circuler 25 litres en 3 m. 10", tandis qu'après le bain 25 litres traversent les poumons en 1 m. 32".

Expérience du 15 janvier faite sur un chien de 5 kg. — *Influence du bain partiel très froid sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température rectale est à 39°,1; le chien fait circuler à travers ses poumons 25 litres d'air en 7 m. 30", et il exhale pendant ce temps 1 gr. 14 de CO^2.

On plonge le tiers inférieur de l'abdomen et les pattes postérieures dans un bain à 3°,5; on le fait immédiatement respirer; 25 litres d'air circulent à travers les poumons en 7 m. 15, et le chien exhale 1 gr. 48 CO^2; sa température rectale est descendue à 29°. Or, toute proportion gardée, il devrait exhaler 1 gr. 10; donc, sous l'influence de la réfrigération, l'exhalation pulmonaire de CO^2 augmente d'une manière notable.

On replonge le chien dans l'eau froide; après dix minutes, la température rectale est à 25°.

On le sort du bain; en quelques minutes la température est à 21°; l'animal est anesthésié; il meurt une heure après.

Ce fait démontre : 1° qu'il est dangereux d'abaisser à 25° la température du chien ; 2° que l'exhalation de l'acide carbonique augmente par une immersion de 7 m. 15" dans l'eau froide.

Expérience du 17 février faite sur un chien de 12 kg. — *Influence d'un bain très froid sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Le chien exhale avant le bain 1 gr. 06 d'acide carbonique en cinq minutes. — T. R. 39°,1. — R. — 24.

On le plonge dans un bain à 2°,5. Au bout d'une demi-heure la température rectale descend à 34°,6; une heure après elle est à 32°,6, et la respiration à 32. A ce moment l'animal exhale en cinq minutes 3 gr. 816 CO^2.

On plonge de nouveau le chien dans l'eau froide pendant quinze minutes. La température rectale descend à 31°,9, et la respiration reste à 32.

Immédiatement après ce bain l'exhalation pulmonaire de CO^2 est de 3 gr. 75 en cinq minutes.

Il faut donc encore conclure que l'élimination de l'acide carbonique par les poumons augmente très notablement sous l'influence du bain très froid, la température centrale de l'animal étant à 32°,6 et à 31°,9.

Expérience du 22 février faite sur un chien 7 kg. — *Influence de la réfri-*

gération sur l'exhalation pulmonaire de CO^2. — Avant le bain, la température rectale est de 38°,9, la respiration à 18; l'exhalation pulmonaire de CO^2 est de 0 gr. 73 en cinq minutes.

La température du laboratoire est de 9°.

On plonge l'animal dans un bain à 4° où il reste 24 minutes; retiré du bain sa température est à 28°,2, sa respiration à 24; il exhale en cinq minutes 0 gr. 87 CO^2; à la fin de la respiration, la température est à 27°,5.

On laisse l'animal en dehors du bain pendant 25 minutes, puis on recueille les gaz de la respiration; le dosage de CO^2 donne 0 gr. 90 pour 5 minutes. — Au début de la respiration la température était à 27°; à la fin, elle est à 26°,8.

L'exhalation pulmonaire de CO^2 augmente donc pendant le bain froid, bien que la température centrale diminue; voilà les faits, l'explication viendra plus tard.

a. — Réfrigération et exhalation pulmonaire de CO^2 chez le lapin.

Nons retrouvons ici la même règle générale que pour le chien : l'exhalation pulmonaire de CO^2 s'accroît lorqu'on plonge l'animal dans un bain froid. Ainsi, un premier lapin avant le bain exhale dans l'air expiré 0 gr. 39 CO^2 en dix minutes, tandis que pendant le bain il en exhale 0 gr. 49 dans le même temps.

Un second qui, normalement, expire 0 gr. 56 CO^2, en exhale 0 gr. 79 après le bain.

Le bain froid augmente donc l'exhalation pulmonaire de CO^2.

Voici d'ailleurs une série d'expériences qui mettent le fait hors de toute contestation :

Expérience du 27 décembre faite sur un lapin. — *Influence de la réfrigération sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. —Avant le bain, la température rectale est de 39°,4, la respiration à 60.

Quinze litres d'air circulent à travers les poumons en 12 m. 45", l'exhalation pulmonaire de CO^2 est de 0 gr. 63.

A 11 h. 30 m., on plonge le lapin dans un bain à 5°.

A 11 h. 38, on commence à le faire respirer.

Quinze litres d'air traversent ses poumons en dix minutes; l'animal exhale pendant ce laps de temps 0 gr. 62 CO^2; proportionnellement il devrait en exhaler 0 gr. 49.

A 11 h. 48, la température rectale est à 28°.

En refroidissant le lapin on augmente donc l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique, et cela peu de temps après le bain.

Expérience du 13 janvier faite sur un lapin.— *Influence de la réfrigéra-*

tion sur l'exhalation pulmonaire de CO^2. — Avant le bain, la température rectale est de 39°; on compte 56 respirations par minute.

15 litres d'air circulent en 12 m. 30'' à travers les poumons, et l'exhalation de CO^2 est de 0 gr. 69 dans le même temps.

On plonge le lapin dans un bain à 5°.

Pendant qu'il respire 15 litres d'air en 10 m. 15'' et qu'il exhale 0 gr. 79 CO^2, la température descend à 32°,5.

Il aurait dû exhaler 0 gr. 56 CO^2; il en exhale 0 gr. 79.

Donc, ici encore, l'exhalation pendant le bain froid a été plus considérable qu'à l'état normal.

Expérience du 23 janvier faite sur un lapin. — *Augmentation de l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique à la suite de la réfrigération.* — Avant le bain, la température est de 38°,1; l'animal respire 60 fois par minute, 25 litres d'air circulent en 18 m. 15''; on trouve 1 gr. 18 d'acide carbonique exhalé dans ce laps de temps.

On met le lapin dans un bain à 4°,5; la température descend à 32°,8; les respirations sont au nombre de 56 par minute; 25 litres d'air expirés en 14 minutes contiennent 1 gr. 38 CO^2.

Le bain très froid a donc pour effet d'augmenter l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique : en effet, ce lapin devrait proportionnellement exhaler en 14 minutes 0 gr. 90; or, il en exhale 1 gr. 38.

Le tableau suivant montre d'une manière très nette que l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique subit un accroissement sous l'influence du froid humide; de plus, les plus grandes augmentations correspondent à une température rectale de 32° environ, tandis que l'accroissement est plus faible à 27°, à 28° et à 29°.

TABLEAU MONTRANT L'INFLUENCE DES BAINS TRÈS FROIDS SUR L'EXHALATION PULMONAIRE DE L'ACIDE CARBONIQUE.

Dates des expériences.	Température du bain.	Température rectale		Co^2 exhalé en 10 m.		Différence en plus après le bain.
		avant le bain.	après le bain.	avant le bain.	après le bain.	
		CHIENS				
3 mars	6°	39°	32°3	2gr60	7gr76	5gr60
15 janvier	3°5	39°1	29°1	1gr52	2gr04	0gr52
17 février	2°5	39°1	32°6	2gr12	7gr62	5gr50
		LAPINS.				
22 février	4°	38°9	36°	1gr46	1gr80	0gr50
27 décembre	5°	39°4	28°	0gr49	0gr62	0gr13
13 janvier	5°	39°	32°5	0gr55	0gr75	0gr20
23 janvier	4°5	38°1	32°8	0gr64	0gr98	0gr34

Nous venons de voir que le froid augmentait l'exhalation pulmonaire de CO^2; mais, pour bien constater le phénomène chez le lapin, il est utile de donner le bain froid pendant dix à douze minutes, puis de faire respirer l'animal, soit dans le bain, soit, ce qui est plus facile, hors du bain. Dans ces conditions, on trouve que l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique est augmentée.

Si l'on fait respirer le lapin immédiatement après qu'il est placé dans le bain froid, les variations de CO^2 sont peu nettes; on constate souvent alors que la quantité de CO^2 est la même avant et après le bain. Une autre disposition essentielle, plus importante encore pour que le rejet de l'acide carbonique soit augmenté, c'est de ne pas faire baisser la température rectale au-dessous de 32°.

Voici plusieurs expériences qui démontrent ces faits :

EXPÉRIENCE du 9 janvier faite sur un lapin. — *Réfrigération. — Dosage de* CO^2 *dès qu'on plonge l'animal dans le bain.* — Normalement, ce lapin fait circuler à travers ses poumons 15 litres d'air en 15 m. 35" et exhale 0 gr. 74 CO^2; sa respiration est à 50 par minute, sa température rectale de 39°,2.

Placé dans un bain à 5°, on le fait respirer immédiatement; 15 litres d'air circulent à travers ses poumons en 14 m. 40", la respiration varie entre 46 et 50, et la température rectale à la fin est à 31°,2.

Le lapin exhale 0 gr. 69 CO^2 en 14 m. 40" ou en 15 m. 35" 0 gr. 74, chiffre exactement semblable au chiffre normal.

La quantité de CO^2 exhalée n'a donc pas subi de variations, la température rectale étant descendue à 31°,2.

EXPÉRIENCE du 11 janvier faite sur un lapin. — *Dosage de* CO^2 *dès que l'animal est plongé dans le bain froid.* — Avant le bain, la température rectale est à 38°, la respiration à 60 par minute.

Quinze litres d'air circulent en 17 m. 40", et l'animal exhale pendant ce temps 0 gr. 66 CO^2.

On plonge la moitié du corps dans un bain à 4°,5, la respiration descend à 48 par minute, et, dès que l'animal est dans le bain, 15 litres d'air circulent à travers ses poumons en 13 m. 35"; la ventilation pulmonaire est donc activée dans le bain froid; la température rectale, à la fin de la respiration, est descendue à 30°,5, et, dans les 13 m. 35", l'animal a exhalé 0 gr. 53 CO^2.

Proportionnellement il aurait dû en exhaler 0 gr. 52. C'est-à-dire à peu près le même chiffre qu'avant le bain.

TABLEAU MONTRANT L'EXHALATION PULMONAIRE DE L'ACIDE CARBONIQUE DU LAPIN PENDANT LES PREMIERS MOMENTS QUI SUIVENT SON IMMERSION DANS LE BAIN TRÈS FROID.

Dates des expériences.	Température du bain.	Durée des expériences avant le bain.	Durée des expériences après le bain.	CO^2 exhalé dans le même temps avant le bain.	CO^2 exhalé dans le même temps après le bain.	Température rectale avant le bain.	Température rectale après le bain.
9 janvier	5°	15'35"	14'40"	0gr74	0gr74	39°2	31°2
11 janvier	4°5	17'40"	13'55"	0gr52	0gr53	38°	30°5

L'exhalation pulmonaire reste la même avant et après le bain, malgré l'abaissement de la température centrale : *on ne saurait donc établir un rapport direct et constant entre le rejet de l'acide carbonique et le degré de la température rectale.*

Nous ne constatons pas ici d'accroissement, parce que la chaleur centrale est descendue à 31°,2 et 30°,5 ; pour que l'on puisse constater l'augmentation, il faut que la température rectale ne descende pas au-dessous de 33° ou 32°. Dans ces conditions, le bain froid, loin de diminuer les échanges, les augmente dans de notables proportions : c'est là un fait en désaccord avec l'opinion d'un grand nombre de médecins.

b. — Exhalation pulmonaire de CO^2 les jours qui suivent la réfrigération.

Effets secondaires. — Mais dit-on, si le bain froid ne diminue pas les combustions au moment de la réfrigération, il les diminue secondairement dans un temps plus ou moins éloigné du bain.

L'expérience est encore contraire à cette opinion, puisque les jours qui suivent l'administration du bain, le taux de l'acide carbonique exhalé est un peu plus élevé qu'à l'état normal.

Voici une expérience qui le prouve :

Expérience du 27 avril faite sur un chien de 7 kg. 500. — *Influence de la réfrigération sur les phénomènes chimiques de la respiration les jours qui suivent le refroidissement.* — Avant le bain la température rectale est à 38°,8, la respiration à 17, le pouls à 96. — 25 litres d'air circulent à travers les poumons en 8 m. 50", l'exhalation d'acide carbonique est de 2 gr. 40 en 20 minutes.

On plonge le tiers postéreur du corps de l'animal dans un bain à 12°.

Au bout de 45 minutes, la température rectale est descendue à 30°,8, la respiration est à 17, le pouls à 168 par minute.

25 litres d'air traversent les poumons en 4 m. 55", on trouve 2 gr. 28 d'acide carbonique exhalés ou 9 gr. 2, en 20 minutes.

Le lendemain 28 avril, la température rectale est à 39°,2, la respiration à 16, le pouls à 98 par minute.

25 litres d'air traversent les poumons en 6 m. 40"; il y a 0 gr. 88 d'acide carbonique exhalé ou 2 gr. 64 en 20 minutes.

Le 29 avril, 25 litres d'air expirés en 5 m. 22" contiennent 1 gr. 09 d'acide carbonique, l'animal rejette donc 4 gr. 09 d'acide carbonique en 20 minutes. T.R. 39° 2. — R. 20 P. 116.

Le 29 avril, 25 litres circulent en 9 m. 10" et l'animal exhale dans ce temps 1 gr. 16 CO^2, c'est-à-dire, 2 gr. 53 en 20 minutes. T. R. 39°,3. — P. 92. — R. — 12.

Cette expérience démontre : 1° que sous l'influence d'une réfrigération qui fait tomber la température rectale à 30°,8, on constate l'augmentation considérable de l'exhalation pulmonaire de CO^2, au moment de l'abaissement de la température rectale ; 2° que les jours suivants, l'*exhalation pulmonaire* de l'acide carbonique est toujours un peu plus élevée qu'à l'état normal.

Les pathologistes, qui croient à la diminution des combustions pendant les jours qui suivent l'administration des bains froids, sont en désaccord avec les faits.

La température centrale, au lieu de diminuer après un bain froid, revient à la normale ou même la dépasse.

Citons à l'appui l'expérience suivante :

EXPÉRIENCE du 8 mars faite sur un chien. — *Influence du bain très froid sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2 *et sur la température rectale le lendemain du bain.*

Avant le bain, la température rectale est de 38°, la respiration est à 22. — 25 litres d'air circulent en 5 m. 4", l'animal exhale 0 gr. 82 CO^2.

A 10 h. 10 minutes on le met dans un bain à 6°; on l'en retire à 10 h. 30 minutes; la température rectale est à 32°, 5; 25 litres d'air circulent en 2 m. 55" et l'animal exhale 1 gr. 72 CO^2; la respiration est à 24.

Le 9 mars la température est à 38°,4.

Ces dosages prouvent que la ventilation pulmonaire est beaucoup plus active après, qu'avant le bain, et que l'exhalation pulmonaire de CO^2 s'accroît dans de notables proportions après le bain très froid ; de plus on ne voit pas d'effets secondaires des bains froids qui seraient caractérisés, d'après quelques auteurs, par un certain degré d'abaissement de la température. Au contraire, dès le lendemain, la température revient à la normale ou même la dépasse.

Parmi les effets secondaires il en est un de la plus haute gravité : c'est la continuation de l'abaissement de la température centrale après la sortie du bain froid dans les cas où la chaleur centrale a été fortement abaissée.

Jusqu'ici nous ne nous sommes guère occupé du sort final des animaux : il est cependant très important de savoir qu'il ne faut pas abaisser la température au-dessous de 30° à 31°, car, alors, on s'expose à voir survenir des accidents si l'on abandonne les animaux à eux-mêmes dans un milieu froid : la température rectale diminue peu à peu et le chien meurt d'hypothermie.

Les bains *très froids même partiels* peuvent donc *amener la mort* de *l'animal* en peu de temps.

Aussi est-il dangereux d'administrer des bains très froids et surtout de les prolonger plus que de raison.

En voici un exemple très net :

EXPÉRIENCE du 1er mars faite sur un *chien de* 6 kg., *bien portant. — Bain froid partiel à* 3°. — *Mort en* 20 *minutes.* — A 11 heures du matin on plonge l'animal dans une cuve remplie d'eau à la température de 3°.

A 11 h. 20 minutes le chien meurt avec une température rectale de 22°. Avant le bain cette température était à 38° 3.

Il y a donc danger à donner des bains trop froids un peu prolongés.

c. — Diminution de l'acide carbonique exhalé chez un animal dont on abaisse la température rectale au-dessous de 26°.

L'exhalation pulmonaire de CO^2 augmente sous l'influence du bain très froid. C'est une loi générale et fondamentale; mais pendant la réfrigération il arrive un moment où la température centrale est tellement basse que l'exhalation pulmonaire de CO^2 décroît; à la fin l'animal meurt avec des phénomènes de diminution dans les échanges nutritifs.

Nous pouvons rapporter à l'appui de ce que nous venons d'avancer l'analyse suivante. Avant le bain un chien exhale en 5 minutes 0 gr. 86 d'acide carbonique; on le plonge dans un bain à 5°, la température s'abaisse jusqu'à 23°,5 ; à ce moment l'animal rejette en 5 minutes 0 gr. 49 d'acide carbonique, chiffre bien inférieur au précédent; un peu plus tard la température rectale est descendue à 21°,3 et le chien exhale 0 gr. 41 d'acide carbonique.

Enfin, d'autres expériences nous montrent que la diminution de l'acide carbonique exhalé commence à se produire lorsque la température rectale atteint les environs de 26°.

Voici des expériences qui sont démonstratives :

Expérience du 30 décembre faite sur un chien de 7 kg. — *Influence du bain très froid sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. *Exhalation un peu plus faible lorsque la température rectale est au voisinage de* 26°. — Avant le bain, la température rectale est à 39°,1, la respiration à 18; 25 litres d'air circulent à travers les poumons en 5 m. 45", et l'animal exhale 0 gr. 93 CO^2.

On plonge le chien dans un bain à 6°. Après sept minutes, la température est à 34°; à ce moment, on fait respirer l'animal qui reste plongé dans l'eau. En 6 m. 45", le chien expire 25 litres d'air qui contiennent 1 gr. 02 CO^2; proportionnellement il devrait en exhaler 1 gr. 09; il y a donc un peu moins d'acide carbonique exhalé.

Notons qu'après ces 6 m. 45" la température rectale est descendue à 26°, la respiration à 16 par minute.

On peut conclure de cette expérience que c'est vers 26° que commence à diminuer l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique.

Expérience du 24 février faite sur un chien de 7 kg. — *Influence du bain très froid sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température rectale est à 39°,4, la respiration à 20 par minute.

En 5 minutes, l'animal exhale 0 gr. 86 CO^2.

A 10 h. 40, on le plonge dans un bain à 5°.

A 11 h. T. R. — 29°.

A 11 h. 10, T. R. — 25°.

A 11 h. 15, T. R. — 23°,5.

A ce moment, on le retire du bain, on le fait respirer pendant 5 minutes, il exhale seulement 0 gr. 49 CO^2.

A la fin de cette respiration, la température rectale est à 22°,5.

Au bout d'une demi-heure, la température rectale est descendue à 21°,3, bien que l'animal soit dans une salle à 15°. On le fait encore respirer pendant 5 minutes et il n'exhale que 0 gr. 41 CO^2; les respirations sont au nombre de 10 par minute.

Détaché, le chien reste étendu, frissonnant, la respiration très ralentie et la sensibilité très diminuée. Il meurt vers une heure de l'après-midi.

Cette expérience démontre que l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique diminue pendant la réfrigération, à partir d'un certain degré qui, chez cet animal, a été de 23°,5. A partir de ce chiffre, si on abandonne l'animal à lui-même dans les

conditions indiquées ci-dessus, on peut être à peu près certain que le chien ne vivra pas.

EXPÉRIENCE faite sur un chien bien portant. — *Influence du bain très froid sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2 *et sur les gaz du sang veineux* (ventricule droit). — Avant le bain, la température rectale est à 38°,2, la respiration à 18 et le pouls à 100.

20 litres d'air circulent en 8 m. 57", l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique est de 1 gr. 14, ou 2 gr. 54 en 20 minutes, ou 1 gr. 27 en 10 minutes.

L'analyse des gaz du sang du ventricule droit donne les résultats suivants :

9cc,3 renferment 4cc,9 CO^2, ou 52cc,6 0/0
— 1cc O, ou 10cc,7 0/0

La composition centésimale de l'air expiré en oxygène est de 16cc,9.

A 11 h. du matin, on place le chien dans un bain à 11°,5.

A 3 heures de l'après-midi, la température rectale est de 30°,5.

A 5 h. 30 m., le pouls est à 24, la respiration à 10 et la température rectale à 21°; l'animal exhale 0 gr. 81 d'acide carbonique en 20 minutes, ou 0 gr. 405 en 10 minutes.

La composition centésimale de l'air est de 18cc,8 O.

L'analyse des gaz du sang du ventricule droit donne les résultats suivants :

9cc,3 renferment 4cc,4 CO^2, ou 47cc,3 0/0
— 1cc,65 O, ou 17cc,7 0/0

A 6 h. 30 m., la température rectale est de 19°,2; *l'hyperexcitabilité* neuro-musculaire est très accentuée lorsque la température atteint le chiffre de 20°; le moindre choc sur la gouttière détermine des contractions musculaires d'ensemble.

10 minutes après, le chien meurt avec une hypothermie considérable.

Cette expérience montre : 1° la diminution de l'exhalation pulmonaire de CO^2, lorsque la température centrale descend à 21°. Avant le bain froid, l'exhalation pulmonaire de CO^2 était de 2 gr. 54 en 20 m., tandis qu'après le bain, au moment où le thermomètre placé dans le rectum marque 21°, le chien exhale seulement 0 gr. 81 dans le même temps. 2° La quantité d'oxygène que renferme le sang veineux pris dans le ventricule droit subit une augmentation. Avant le bain, l'oxygène était de 10 c.c.,7 0/0, tandis qu'il atteint le chiffre de 17 c.c.,7 0/0 après le bain, alors que la chaleur est à 21°. 3° L'hyperexcitabilité neuro-musculaire est très accusée lorsque la température atteint le voisinage de 20°.

D'après la composition centésimale de l'air expiré, l'absorption de l'oxygène subirait les mêmes variations.

TABLEAU MONTRANT LA DIMINUTION DE L'EXHALATION PULMONAIRE DE L'ACIDE CARBONIQUE LORSQUE LA TEMPÉRATURE RECTALE DESCEND AU-DESSOUS DE 26°.

Dates des expériences.	Température du bain.	Température rectale avant le bain.	Température rectale après le bain.	CO^2 exhalé en 10 m. avant le bain.	CO^2 exhalé en 10 m. après le bain.	Différence en moins après le bain.
24 février	5°	39°4	21°3	1gr72	0gr82	0gr90
30 décembre	6°	39°1	26°	1gr61	1gr51	0gr10
2 mai	11°5	38°2	21°	1gr27	0gr405	0gr86

Ce tableau fait voir que les plus grandes diminutions coïncident avec le plus grand abaissement de la température rectale; ainsi, lorsque la température rectale est de 21°,3, l'abaissement est de 0 gr. 90; tandis qu'il est seulement de 0 gr. 10 dans l'expérience où la température rectale est de 26°.

d. — Influence du bain froid sur le renouvellement de l'air dans les vésicules pulmonaires.

Les bains froids activent considérablement la ventilation pulmonaire; ainsi, avant le bain froid, un chien faisait circuler 25 litres d'air à travers ses poumons en 3 m. 10", tandis qu'après le bain la circulation de la même quantité d'air se faisait en 1 m. 32"; en d'autres termes, grâce au bain froid, l'activité de la respiration est doublée.

Nous n'avons qu'à consulter les nombreuses expériences rapportées dans ce travail pour reconnaître l'exactitude de la règle générale que nous venons de formuler.

Voici d'ailleurs des recherches qui confirment ce que nous avançons :

EXPÉRIENCE du 39 avril faite sur un chien de 7 kg. 500. *Influence du froid sur l'exhalation de l'acide carbonique et sur la ventilation pulmonaire.* — Avant le bain, la température rectale est de 39°,3, le pouls à 92, et la respiration à 12.

25 litres d'air circulent à travers le poumon en 9 m. 10"; l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique est de 1 gr. 16 ou 2 gr. 53 en 20 minutes.

A 11 h. 30 minutes, on plonge l'animal dans un bain à 11°.

25 litres d'air circulent à travers les poumons en 2 m. 35", la température rectale est de 34°,8.

Au moment où la température rectale est à 29°,5, 25 litres d'air circulent en 5 m. 20".

Un peu plus tard la température descend à 25°, la respiration à 9 et le pouls à 48. Alors 25 litres d'air traversent les poumons en 13 minutes; l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique est de 1 gr. 50 ou de 2 gr. 30 en 20 minutes, chiffre un peu inférieur à la normale.

La composition centésimale en oxygène de l'air expiré est de 17,9 0/0; il faut remarquer que la respiration est ralentie.

Notons dans cette expérience : 1° une légère diminution de l'acide carbonique exhalé avec une température centrale de 25°; à l'état physiologique, le chien rejette 2 gr. 53 d'acide carbonique en 20 minutes, tandis que dans le bain, avec une température rectale de 25°, il exhale 2 gr. 30 du même acide. 2° une ventilation pulmonaire plus active tant que la chaleur centrale n'atteint pas un chiffre inférieur de température. Dans cette expérience, à l'état normal, 25 litres circulent à travers les poumons en 9 m. 10", tandis qu'à 34°,8, ces mêmes 25 litres circulent en 2 m. 35", et à 29°,5, 25 litres traversent l'arbre aérien en 5 m. 20"; mais à 25°, la même quantité d'air circule en 13 m.

e. — Absorption d'oxygène et exhalation d'acide carbonique sous l'influence d'un bain à 37°,5 et à 34°,5.

On constate dans ces cas un fait assez remarquable, c'est la persistance du même degré de la température centrale; à l'entrée du bain la température rectale est à 40°,1 et après elle est à 40°,2; l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique reste la même ou est inférieure au chiffre physiologique; avant le bain l'animal rejette 1 gr. 23 CO^2 en 10 m. 10", tandis qu'après il exhale seulement 0 gr. 90 d'acide carbonique. — Signalons un phénomène absolument constant, c'est le renouvellement de l'air dans les vésicules pulmonaires, plus parfait qu'à l'état normal. Avant le bain l'animal consommait 25 litres d'air en 10 m. 10" et après le bain les 25 litres traversaient les poumons en 7 m. 10"; il en résulte aussi une consommation d'oxygène plus grande qu'à l'état normal : avant le bain l'absorption de l'oxygène était de 1380 c.c. en 20 m. 40" et de 1881 c.c. après le bain dans le même temps.

Parfois les différences en plus ou en moins sont peu accentuées ce qui tient à ce que les modifications sont légères.

Voici une série d'analyses faites dans les conditions indiquées précédemment :

CATALOGUE D'OUVRAGES

SUR

Le MAGNÉTISME ANIMAL, l'HYPNOTISME, le SOMNAMBULISME,
Les SCIENCES OCCULTES,
La MAGIE et le SYSTÈME NERVEUX

VIENT DE PARAITRE

LE MAGNÉTISME ANIMAL

PAR

A. BINET | **Ch. FÉRÉ**, Médecin-adjoint de la Salpêtrière.

1 volume in-8° de la *Bibliothèque scientifique internationale*, avec figures dans le texte, cartonné à l'anglaise . . . . 6 fr. »

Bien des phénomènes surnaturels de l'antiquité et du moyen âge étaient dus au *Magnétisme animal*. Mesmer, à la fin du siècle dernier, fut le premier qui donna une apparence scientifique à ses expériences, et cependant le défaut de méthode, chez lui et chez beaucoup de ses continuateurs, fut cause que le *Magnétisme* ne put arriver à conquérir sa place dans la science.

Les expériences de l'Ecole de la Salpêtrière lui ont donné cette place. La délimitation précise des trois états : *léthargie*, *catalepsie*, *somnambulisme*, et l'étude des phénomènes qui les accompagnent, ont ouvert la voie aux philosophes et aux médecins, pour l'examen des faits psychologiques et pathologiques les plus curieux.

Ce livre est l'œuvre de deux des collaborateurs les plus assidus de M. le professeur Charcot, qui ont pu expérimenter toutes les méthodes de magnétisme, reproduire toutes les expériences relatées par les magnétiseurs, et les soumettre à une analyse critique et sévère.

ŒUVRES DU BARON DU POTET

Traité complet de magnétisme, cours complet en douze leçons. 4e édition, 1883, 1 vol. in-8° . . . . 8 fr. »

GAUTHIER (Aubin). **Histoire du somnambulisme connu chez tous les peuples,** sous les noms divers d'extases, songes, oracles, visions. Examen des doctrines de l'antiquité et des temps modernes sur ses causes, ses effets, ses abus, ses avantages et l'utilité de son concours avec la médecine. 2 vol. in-8°, 1842 . . . . 10 fr. »

— **Revue magnétique,** journal des cures et faits magnétiques et somnambuliques. Décembre 1844 à octobre 1846, 2 volumes in-8°. 8 fr »

Les numéros de mai, juin, juillet, août et septembre 1846 n'ont jamais été publiés, et forment dans le tome II°, une lacune des pages 241 à 432.

GENTIL (J.-A.) **Guide du consultant et des incrédules,** 2° édit. 1853 1 vol. in-18 . . . . 2 fr. »

GINTRAC (E.). **Maladies de l'appareil nerveux** (extrait du *Cours de pathologie interne*). 4 vol. gr. in-8° 1853-59. . . . . 28 fr. »

GOUPY. **Explication des tables parlantes, des médiums, des esprits et du somnambulisme,** par divers systèmes de cosmologie, suivie de *la Voyante de Prévost*. 1860, 1 vol. in-8°. . . . . 6 fr. »

LAFONTAINE (Charles). (voy. p. 2).

LAFONT-GOUZY. **Traité du magnétisme animal,** considéré sous les rapports de l'hygiène, de la médecine légale et de la thérapeutique. 1839, in-8°, br. . . . . 3 fr. »

LÉVÊQUE (Ch.) (de l'Institut). **La Science de l'invisible,** Etude de psychologie et de théodicée. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* 1864. . . . . 2 fr. 50

LÉVI (Éliphas), voyez p. 2 et 3.

MAUDSLEY. **La Pathologie de l'esprit.** 1 vol. in-8°, trad. de l'anglais par le D[r] Germont. 1883. . . . . 7 fr. 50

MESMER. **Mémoires et aphorismes,** suivi des procédés de d'ESLON. Nouvelle édit. avec des notes par J.-J.-A. RICARD, 1846, in-18. 2 fr. 50.

MONGRUEL (L.-P.). **Prodiges et merveilles de l'esprit humain sous l'influence magnétique.** 1849. 1 vol. in-18. . . . 3 fr. »

MORIN. **Du magnétisme et des sciences occultes.** 1 vol. in-8°, 1860 . . . . 6 fr. »

PHILIPS (J.-P.), **Cours théorique et pratique de braidisme,** ou hypnotisme nerveux, considéré dans ses rapports avec la psychologie, la physiologie et la pathologie, et dans ses applications à la médecine, à la chirurgie, à la physiologie expérimentale, à la médecine légale et à l'éducation. 1860, 1 vol. in-8°. . . . . 3 fr. 50

POULARD (de Lyon). **Aperçu de la théorie médicale des somnambules.** 1853 in-18. . . . . 1 fr. 50

RIBOT (Th.). **Les Maladies de la mémoire.** 1 vol. in-18, 4° éd. 1886 . . . . 2 fr. 50

— **Les Maladies de la volonté.** 1 vol. in-18, 4° éd., 1887. . 2 fr. 50

— **Les Maladies de la personnalité.** 1 vol. in-18, 1885. . 2 fr. 50

DE LA SALZÉDE. **Lettres sur le magnétisme animal,** considéré sous le point de vue psychologique et physiologique. 1849, 1 vol. in-12 . . . . 2 fr. 50

SULLY (James). **Les Illusions des sens et de l'esprit.** 1 vol. in-8°, 1883. . . . . 6 fr. »

TISSANDIER. **Du magnétisme et des sciences occultes.** 1 vol. in-18 sur papier vélin, 1866. . . . . 5 fr. »

Envoi franco contre mandat-poste, sans augmentation de prix

Paris. — Typ. G. Chamerot, rue des Saints-Pères, 19

Expérience du 15 mars faite sur un chien de 6 kg. 500. — *Influence d'un bain de 37°,5 à 34°,5 sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2 *et sur l'absorption d'oxygène.* — Avant le bain, la température rectale est de 40°,1, la respiration est de 15 par minute.

25 litres d'air circulent à travers ses poumons en 10 m. 10", il exhale 1 gr. 23 CO^2.

Ce chien consomme 1380 c. c. d'oxygène en 20 m. 40".

A 11 h. 21 minutes on plonge la moitié du corps du chien dans un bain à 37°,5; le séjour est de 40 minutes; à la fin la température du bain est descendue à 34°,5; à la sortie du bain, la température rectale est à 40°,2.

On fait respirer hors du bain; 25 litres d'air traversent les poumons en 7 m. 10"; il exhale 0 gr. 67 CO^2; proportionnellement en 10 m. 10", l'animal devrait exhaler 0 gr. 90 CO^2, or il en exhale 1 gr. 23 à l'état normal; donc le bain à 37°,5 diminue dans de faibles proportions l'exhalation pulmonaire de CO^2; cependant, la ventilation des poumons est plus parfaite qu'à l'état normal.

De plus sous l'influence du bain, en 20 m. 40", l'animal consomme 1881 c.c. d'oxygène.

f. — Action du bain très chaud sur l'exhalation pulmonaire de CO^2.

Les bains chauds modifient la quantité d'acide carbonique exhalé par les poumons, cette modification se produit alors même que le bain est *partiel.* On peut même aller très loin et déterminer la mort du chien en un temps très court si on le plonge dans un bain à 45° ou à 50°.

Sous l'influence des bains très chauds, les animaux exhalent une plus grande quantité d'acide carbonique qu'à l'état normal.

Ainsi un chien qui, avant le bain, exhalait 2 gr. 05 d'acide carbonique en 10 minutes, en exhale 2 gr. 22 après le bain chaud et dans le même temps.

Si l'on suit la marche de l'exhalation pulmonaire de CO^2 depuis le moment de l'immersion jusqu'à une période voisine de l'agonie, on voit en même temps que la température s'élève et atteint 43°, chaleur qui est bien près de la température mortelle, la quantité d'acide carbonique exhalé s'élever progressivement, atteindre un maximum vers 42°, 42°,5, puis le chiffre baisser un peu sans atteindre toutefois la normale; vers la fin, c'est-à-dire à la période où l'hyperthermie devient mortelle, il survient une diminution relative de l'exhalation pulmonaire de CO^2.

Il n'est pas rare après un bain très chaud ou un bain trop chaud de voir se produire des *effets secondaires*, qui sont caractérisés par un état d'asthénie musculaire, par une diminution de l'acide carbonique exhalé; ces effets se manifestent pendant plusieurs jours après le bain.

Ces expériences font pressentir l'influence nuisible des bains trop chauds et trop répétés que l'homme prend parfois pour des motifs divers.

Notons encore que sous l'influence des bains chauds la *ventilation pulmonaire*, c'est-à-dire le renouvellement de l'air dans les poumons, devient plus parfaite qu'à l'état normal.

Voici, par exemple un chien qui, avant le bain, faisait circuler 25 litres d'air en 10 minutes, il en fait circuler 50 litres dans le même temps, après l'administration d'un bain à 49°.

Citons ici quelques expériences qui viennent à l'appui des propositions précédentes :

Expérience du 5 février faite sur un chien de 5 kg. — *Influence du bain très chaud sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température rectale est à 39°,1, la respiration à 18. En dix minutes le chien exhale 2 gr. 05 CO^2 et fait circuler 25 litres d'air dans le même temps.

On plonge la moitié du corps dans un bain à 49°; à la troisième minute, le chien s'agite; après la troisième minute, la respiration s'accélère, devient anhélante; la gueule reste ouverte. — L'animal reste 18 minutes dans le bain dont la température est descendue à 46°; à la sortie du bain, la respiration est très accélérée. Pas d'agitation.

Immédiatement après le bain, le chien respire sans être muselé; en 5 minutes il fait circuler 50 litres d'air à travers ses poumons et exhale 1 gr. 11 CO^2 ou 2 gr. 22 en 10 minutes; la température est à 41° et la respiration à 72.

Cette expérience démontre que, sous l'influence du bain chaud, l'exhalation pulmonaire de CO^2 s'accroît et que la *ventilation pulmonaire* augmente dans une forte proportion. A l'état normal, le chien faisait circuler à travers ses poumons 25 litres d'air en 10 minutes; après le bain, il en fait circuler 50 litres dans le même temps.

Expérience du 3 février faite sur un chien. — *Influence du bain très chaud sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température rectale est à 38°,9, la respiration à 12; il exhale en 10 minutes 1 gr. 56 CO^2.

On plonge la moitié postérieure du corps de l'animal dans un bain à 49°; pendant le bain, la respiration s'élève à 72, et l'animal exhale 2 gr. 50 CO^2 en 6 minutes.

Retiré du bain, la température rectale s'élève à 41°,8.

On plonge de nouveau le chien dans un bain à 44°; la respiration s'élève à 56 et l'exhalation pulmonaire de CO^2 est de 1 gr. 38 en 5 minutes; à la fin de l'expérience, la température rectale est à 43°.

Cette expérience nous montre que sous l'influence du bain très chaud l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique augmente; mais l'exhalation d'acide carbonique ne s'accroît pas proportionnellement à l'élévation de la température; ainsi, dans une expérience, la température s'élevait à 41°, 8 l'exhalation d'acide carbonique était de 4 gr. 16, tandis qu'avec une température de 43°, l'exhalation de l'acide carbonique n'était que de 2 gr. 76. Vers l'approche de la mort, bien que la température soit très élevée, l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique diminue.

Elle reste pourtant plus élevée qu'à l'état normal.

Le 4 février, à 11 heures du matin, la température rectale est à 33°,3, chiffre un peu inférieur à la normale, — la respiration est à 14, chiffre normal.

35 litres d'air circulent en 10 minutes; l'exhalation pulmonaire de CO^2 pendant le même temps est de 1 gr. 17, chiffre inférieur au taux physiologique.

Le 5 février, à 11 heures du matin, la respiration est à 12, la température rectale à 39°, et, en 10 minutes, le chien exhale 1 gr. 08 CO^2; la température augmente un peu, et l'exhalation pulmonaire diminue.

g. — Influence d'un bain très chaud sur l'exhalation pulmonaire de CO^2 chez le lapin.

Sous l'influence d'un bain chaud, l'acide carbonique augmente encore lorsque l'animal est vigoureux ; voici un lapin qui avant le bain exhale 0 gr. 79 CO^2 en 13 m. 45'' ou 0 gr. 30 en 5 m. 20''; après le bain il rejette 0 gr. 39 en 5 m. 20''.

Mais si le lapin est affaibli on constate que l'acide carbonique exhalé ne subit pas de modifications, ou si l'air expiré a été recueilli près de l'agonie, la quantité de CO^2 est plus faible qu'avant le bain.

EXPÉRIENCE du 23 janvier faite sur un lapin. — *Influence d'un bain excessivement chaud sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la

température rectale est de 39°,2; 15 litres d'air circulent en 13 m. 45"; il exhale 0 gr. 79 CO^2.

On plonge l'animal dans un bain d'eau à 65°; il fait circuler 8 litres 3/4 d'air en 5 m. 20", et il exhale 0 gr. 39 CO^2; proportionnellement à la normale il devrait en exhaler 0 gr. 30. Ce lapin respire à travers les soupapes de Müller lorsque déjà il était à la phase agonique; il succombe quelques minutes après avoir respiré ayant une température rectale de 43°,5 au moment de la mort.

L'expérience démontre encore ici que le bain très chaud augmente l'exhalation pulmonaire de CO^2 chez le lapin.

Expérience du 5 février faite sur un lapin. — *Influence du bain chaud sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température rectale est de 38°,9, la respiration à 56 par minute; il exhale 0 gr. 69 CO^2 en 10 minutes pendant lesquelles 15 litres d'air circulent à travers ses poumons.

On le plonge dans un bain qui varie de 48 à 46°; tandis que la température monte de 38°,9 à 41°,6, la respiration s'élève à 80; en 10 minutes l'animal fait circuler 25 litres d'air à travers ses poumons et l'exhalation pulmonaire de CO^2 est de 0 gr. 64.

Quelques minutes après, la température du bain est à 45°,5; la température rectale s'élève de 41°,6 à 42°, la respiration à 106 et l'exhalation pulmonaire de CO^2 est à 0 gr. 68.

Le 6 février, la température rectale était à 38°,9.

Concluons donc que, chez le lapin, l'exhalation pulmonaire de CO^2 peut n'être pas influencée par un bain chaud, alors même que la température rectale s'élève dans de fortes proportions — par exemple de 38°,9 à 42°.

Expérience du 27 janvier sur un lapin. — *Influence du bain très chaud sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température est de 39°,8 et la respiration à 68 par minute; l'animal respire pendant 16 minutes et exhale 0 gr. 70 CO^2.

On plonge la moitié du corps de l'animal dans un bain dont la température varie de 46°,5 à 43°,5; il y respire pendant 16 minutes; à la fin, la température rectale est de 40°,7; il exhale 0 gr. 71 CO^2.

Cette expérience démontre qu'un bain chaud peut, chez un lapin, élever la température centrale de 1°,4 sans modifier l'exhalation pulmonaire de CO^2.

Expérience du 29 janvier faite sur un lapin. — *Influence du bain très chaud sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain, la température rectale est de 39°,8, la respiration est à 64; l'animal exhale en 15 m., 10" 0 gr. 96 CO^2.

On le place pendant 5 minutes dans un bain à 50°; la température rectale

est à 42°,3. A ce moment on le fait respirer, et en 7 minutes il exhale 0 gr. 19; or, proportionnellement, il devrait rejeter 0 gr. 44 CO^2; l'animal succombe pendant l'expérience à la septième minute.

Nous trouvons ici une diminution de CO^2 exhalé, mais il faut remarquer que l'expérience n'a pas été interrompue pendant la respiration difficile, irrégulière, incomplète, inefficace de l'agonie.

h. — Influence de la chaleur de l'étuve sèche sur l'exhalation pulmo- de CO^2.

Lorsqu'on place un animal dans une étuve sèche dont la température dépasse 80°, on voit que la chaleur rectale s'élève rapidement et que l'exhalation pulmonaire de CO^2 subit un accroissement. Prenons un exemple : la température centrale d'un lapin placé dans l'étuve à 85° s'élève en 20 minutes à 43°; dans ces mêmes conditions, l'exhalation de CO^2 est de 0 gr. 50 à l'état normal avant le bain d'air sec, et de 0 gr. 66 après le bain dans le même temps (dix-sept minutes); l'air chaud et sec a donc fait augmenter l'exhalation de CO^2.

A l'appui de ces propositions, citons les expériences suivantes :

Expérience du 28 décembre 1886 faite sur un lapin. — *Respiration dans une étuve sèche à une température de* 90°. — Avant la mise dans l'étuve, la température rectale est à 39°,4, la respiration à 50 par minute.

25 litres d'air circulent à travers ses poumons en 18m,15"; il exhale 0 gr. 64 CO^2.

On place l'animal dans l'étuve à 85°; pendant les 15 premières minutes, la température rectale s'élève d'un degré, mais pendant les 9 minutes suivantes la température s'est élevée à 43°,3; le lapin ne peut plus marcher, la respiration est à 80; 15 litres d'air circulent en 14m,55"; il exhale 0 gr. 93 CO^2; or, proportionnellement il devrait éliminer 0 gr. 52; le bain d'air chaud a donc augmenté l'exhalation pulmonaire de CO^2.

A la fin de la respiration, la température rectale n'est plus que de 41°,5; le lapin est revenu à l'état normal assez rapidement.

Expérience du 14 décembre faite sur un lapin. — *Influence des bains d'étuve chaude et sèche sur l'exhalation de* CO^2. — Un lapin, en 18m,15", exhale 0 gr. 64 d'acide carbonique; après le bain à l'étuve, 15 litres d'air circulent en 14m,55" et il exhale 0 gr. 43 d'acide carbonique; proportionnellement, il devrait exhaler 0 gr. 52 en 18m,15"; or, il exhale 0 gr. 64. Donc, l'exhalation est augmentée.

Nous venons d'établir que les bains d'étuve à air chaud et sec

augmentent l'exhalation pulmonaire de CO^2; toutefois, lorsqu'on fait respirer les animaux dont la température centrale s'est accrue et est voisine de la température mortelle, la respiration devient irrégulière et le dosage démontre souvent que l'exhalation de CO^2 a diminué.

Citons l'exemple suivant qui démontre le fait :

Expérience du 25 décembre faite sur un chien de 5 k. 500. — *Influence d'un bain d'air chaud et sec sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant la mise dans l'étuve, la température rectale est à 8°,3, la respiration à 8 par minute; 25 litres d'air circulent à travers ses poumons en 28m,15"; il exhale 2 gr. 40 CO^2.

On le met à l'étuve à 85° pendant 16 minutes; agitation dès la cinquième minute.

Retiré de l'étuve, la température rectale est à 42°,3. Il respire 25 litres d'air en 14m,15"; pendant ce temps la température rectale oscille de 42°,3 à 42°,5; l'exhalation pulmonaire de CO^2 est de 1 gr. 15.

Proportionnellement ce chien, après le bain, élimine 2 gr. 27 CO^2 en 28m,15"; or, il en rejette 2 gr. 40 CO^2 à l'état normal.

Dans ce cas, l'exhalation pulmonaire de CO^2 subit donc une légère diminution sous l'influence du bain d'air chaud et sec; mais remarquons que la chaleur centrale est voisine de la température mortelle; à ce moment, on voit tantôt l'exhalation pulmonaire augmentée, tantôt diminuée suivant que la respiration est encore assez régulière ou agonique.

Voici une expérience démontrant avec quelle rapidité la mort peut survenir chez le chien lorsqu'on le place dans une étuve à air chaud (80°) et sec :

Expérience du 26 décembre sur un petit chien de 6 k. — *Respiration dans l'étuve à air chaud et sec.* — Avant la mise dans le bain d'air chaud et sec, la température rectale est à 39°,5, la respiration à 16 par minute.

On place l'animal dans l'étuve à 80°; après y avoir séjourné pendant 13 minutes, il succombe; la température rectale est à 43°; le sang est rouge dans le ventricule gauche immédiatement après la mort.

Nous voyons ici un fait qui a été noté bien souvent par divers expérimentateurs dans ces conditions : la mort survenue au moment où la température atteint 43° ou un chiffre avoisinant.

i. — Action bienfaisante d'un bain très chaud sur un animal mourant d'hypothermie.

Il est une expérience facile à répéter, même dans un cours;

elle consiste à plonger un animal dans un bain très froid, à l'y laisser jusqu'au début de l'anesthésie cornéenne et des arrêts respiratoires, et même jusqu'au moment où il devient flasque, inerte, présentant l'aspect d'un cadavre. Si alors on plonge le chien dans un bain à 50°, bientôt la respiration reprend et une demi-heure après l'animal marche comme à l'état normal, tout est terminé, pourvu que l'abaissement thèrmique n'ait pas été trop considérable, sinon le chien succombe.

Cette action peut donc être utilisée chez les nouveau-nés, placés dans des conditions spéciales, chez les alcooliques refroidis et dans une foule de circonstances où il existe de l'hypothermie.

Expérience du 27 février faite sur un chien de 9 kg. — *Influence salutaire du réchauffement sur un chien mourant de froid.* — Avant la prise du bain froid, la température rectale est à 38°,2.

A 11 h. 10 m., on plonge la moitié du corps de l'animal dans un bain à 6°.

A 11 h. 30 m., température rectale du chien 34°.

A 11 h. 40 m., — — — 31°.

A midi. — — — 27°.

A 12 h. 10 m., — — — 24°.

A 12 h. 15 m. anesthésie cornéenne, arrêt respiratoire prolongé, l'animal est flasque, inerte, offrant l'aspect d'un cadavre.

A ce moment on plonge le chien dans un bain à 51°; après une minute d'attente, on voit réapparaître de nouvelles respirations, d'abord très faibles. A 12 h. 18 m. on le sort du bain pendant quelques minutes, immédiatement la respiration s'arrête.

De nouveau on plonge l'animal dans le bain chaud, on fait pendant quelques instants la respiration artificielle et après cinq minutes les mouvements respiratoires commencent à se montrer. A 12 h. 30 m. le bain est à 48°, la température rectale est montée à 28°. A 12 h. 37 m. T. R. 30°. A 12 h. 45 m. la respiration devient anhélante et rapide, la température est à 35°. A 12 h. 55 m. la température est à 37°; on le sort du bain, l'animal court à son chenil avec la même agilité qu'à l'état normal.

j. — Exhalation pulmonaire d'acide carbonique sous l'influence d'un bain à 17° et à 25°.

***Bain à** 17°.* — La quantité d'acide carbonique exhalé est plus considérable qu'à l'état normal : ainsi un chien rejette avant le bain 0 gr. 74 d'acide carbonique en 3 minutes, tandis qu'il en exhale 2 gr. 72 à sa sortie du bain à 17°.

Voici l'expérience avec tous ses détails :

Expérience du 8 février faite sur un chien de 10 kg. — *Influence du bain*

à 17° sur l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique, et sur la ventilation pulmonaire. Avant le bain la température rectale est de 39°, la respiration à 28 ; l'animal exhale 1 gr. 73 en 7 minutes ou 0 gr. 74 CO_2 en 3 minutes et fait circuler à travers ses poumons 30 litres d'air en 7 minutes.

On plonge la moitié du corps du chien dans le bain à 17 où il reste un quart d'heure, la température descend à 38° puis à 37°,5. On retire l'animal du bain, on le fait respirer : il exhale 2 gr. 15 CO^2 en 3 minutes et pendant ce même temps il fait circuler 50 litres d'air à travers ses poumons.

De nouveau on plonge le chien dans le bain qui reste à 17°, la respiration est à 40 par minute, la température rectale descend à 37° en 11 minutes, l'animal fait circuler 50 litres d'air en 3 minutes et exhale 2 gr. 72 CO^2.

Ces analyses démontrent d'une manière très nette : 1° que, sous l'influence du bain à 17°, la ventilation pulmonaire, le *renouvellement de l'air* dans les vésicules pulmonaires se fait d'une manière beaucoup plus parfaite que dans la respiration aérienne habituelle.

2° L'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique est près de trois fois plus considérable qu'à l'état normal; en effet, l'animal exhalait 0 gr. 74 CO^2 en 3 minutes avant le bain, tandis qu'il en exhale 2 gr. 72 immédiatement après le bain.

Bain à 25°. — L'influence de ce bain sur l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique est très manifeste; par exemple, un chien rejette 1 gr. 25 d'acide carbonique en 5 minutes; tandis qu'après le bain il exhale 2 gr. 58 en 5 minutes; mais cette influence ne persiste pas longtemps.

Voici une expérience qui démontre très nettement cette action :

Expérience du 10 février, faite sur un chien de 10 kg. — *Influence du bain à 25° sur l'exhalation pulmonaire de* CO^2. — Avant le bain la respiration est à 30 par minute, la température rectale à 39°,8; en 5 minutes, l'animal exhale 1 gr. 25 CO^2 et fait circuler 30 litres d'air dans le même temps.

On plonge la moitié du corps dans un bain à 25°, il y reste 6 minutes, puis on le fait respirer; en 3 minutes et demie il exhale 1 gr. 80 CO^2 ou 2 gr. 58 en 5 minutes, la respiration était à 36, il fait circuler 50 litres d'air à travers ses poumons en 3 minutes et demie.

On voit donc encore ici que la ventilation pulmonaire est plus parfaite sous l'influence du bain à 25°.

L'animal reste encore 4 minutes dans le bain, on le retire, on le fait respirer, la température rectale étant à 39°,2; en 3 minutes et demie il exhale 1 gr. 80 CO^2, soit 2 gr. 57 en 5 minutes.

36 heures après le bain, le même chien exhale en 5 minutes 1 gr. 28 CO^2, chiffre très voisin de la normale; la température rectale est à 30°,7, la respiration à 30; en un mot ce chien est revenu à l'état physiologique.

Ces analyses démontrent que le bain à 25° rend plus parfait le renouvellement de l'air dans les vésicules pulmonaires; que sous l'influence du même bain, l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique est augmentée et que cette influence ne persiste pas fort longtemps, puisque 36 heures après tout est rentré dans l'ordre.

II. — Influence des bains sur la nutrition élémentaire, mesurée a l'aide de l'analyse simultanée des gaz des sangs artériel, veineux périphérique et du cœur droit.

Absorption d'oxygène et formation d'acide carbonique dans les tissus. — La méthode suivie pour résoudre ce problème est fort simple; nous l'avons indiquée à la Société de Biologie au moi de mai 1884; elle consiste à faire avant et après le bain, *l'analyse simultanée* des gaz du sang artériel, du sang veineux périphérique, du sang du ventricule droit, après avoir apprécié le débit du sang sur d'autres animaux placés exactement dans les mêmes conditions: le débit a été minime chaque fois, puisque nous avons adapté à l'artère une canule de faible calibre.

Pour analyser les gaz il est indispensable de prendre de petites quantités de liquide sanguin, par exemple dix centim. cubes, il faut également ne pas se servir du même animal plusieurs jours de suite; car on est obligé de produire des traumatismes multiples, qui modifient la constitution du sang. On se sert d'un chien assez gros, docile, ne s'agitant pas sur la gouttière, bien muselé, afin de pouvoir extraire facilement le sang périphérique. Dans ce cas la ligature de la veine doit être faite au moment même de l'extraction, laquelle est pratiquée après le bain lorsque les pulsations sont devenues à peu près normales, afin que le débit se rapproche du débit physiologique. Notons toutefois que le débit est un peu plus faible après les bains froids qu'avant, et un peu plus fort après, qu'avant les bains chauds : aussi les chiffres des différences de gaz sont-ils un peu trop forts dans le premier cas et un peu trop faibles dans le second; mais le sens du phénomène reste tel que nous l'établissons plus loin dans le cours de ce travail.

La seconde fois on prend le sang dans la veine du côté opposé,

les vaisseaux d'élection chez le chien sont les veines jugulaires externes et les veines crurales.

Par une des jugulaires on introduit une sonde en plomb dans le ventricule droit et on aspire facilement le sang de cet organe.

Le sang artériel est retiré de l'artère carotide : toutes ces prises doivent être faites dans le même temps et avec une extrême rapidité.

Les seringues sont très exactement calibrées et cylindrées, en verre assez fort, dont les extrémités reposent sur du cuir. Ces instruments sont d'un volume moyen de 25^{cc} environ de capacité. Il faut chaque fois sécher le cuir du piston et le graisser avec de l'axonge par exemple ou bien y laisser une petite quantité d'eau.

Il faut aussi deux aides habitués aux manipulations rapides de la pompe à mercure.

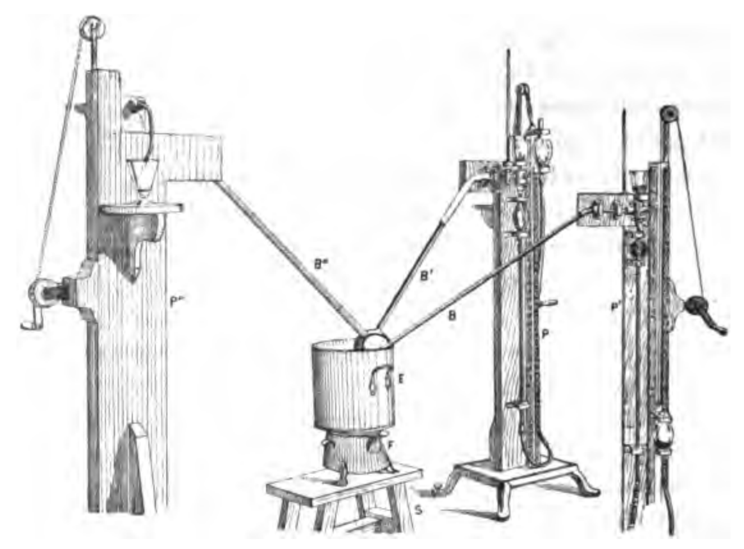


Fig. 3.

On dispose alors trois pompes PP'P" de telle manière que l'on puisse manœuvrer commodément. Afin d'avoir la même température dans chaque ballon BB'B", on dispose un bain d'eau chaude E au-dessus du fourneau à gaz F que l'on maintient à une température constante grâce à un régulateur à air, le tout maintenu sur un support S ; de cette manière le dosage des gaz du sang

est toujours fait dans les mêmes conditions thermométriques.

La chaleur la plus favorable pour l'extraction des gaz est 55° environ : c'est dans ces circonstances que nous obtenons des nombres semblables. Inutile d'ajouter que l'analyse doit être rapide. Le sang est introduit en plaçant l'extrémité de la seringue dans le caoutchouc de la petite cuve à mercure de la pompe et en faisant un léger balayage du tube horizontal à l'aide du mercure : avec un peu d'habitude tout le sang passe dans le ballon à long tube, qu'il est utile de vider et de nettoyer à la potasse après chaque extraction.

Influence des bains très froids. — Ces bains augmentent l'activité des combustions interstitielles, toutes nos recherches faites sur les phénomènes chimiques de la respiration, sur l'analyse simultanée des gaz du sang, sur la calorimétrie démontrent le même fait : ici la comparaison des gaz du sang est d'une extrême importance, puisqu'elle nous fournit des preuves directes.

Plusieurs des résultats, contenus dans l'excellent mémoire de MM. Mathieu et Urbain sur les gaz du sang ne sont pas toujours conformes aux nôtres; mais leurs animaux ont été refroidis à plusieurs reprises; on leur faisait subir des traumatismes divers, répétés; de là des perturbations dans l'organisme tout entier.

Voyons maintenant les chiffres résultant d'expériences multipliées : on donne à un chien un bain à 5°; préalablement on a fait en même temps l'analyse des gaz du sang du ventricule droit et de la carotide interne; on a trouvé que 100 c.c. de liquide sanguin perdent 10 c.c. 5 d'oxygène en traversant les capillaires dans un temps donné.

On laisse l'animal dans le bain pendant un quart d'heure, on exécute l'analyse simultanée et la comparaison des gaz montre que la même quantité de sang a perdu 18 c.c. 4 d'oxygène en traversant les capillaires. Ce chiffre est presque le double du premier.

Dans une autre expérience, on voit qu'à l'état normal avant le bain 100 c. c. de sang perdent au niveau des tissus 8 c. c. 8 d'oxygène et entraînent 2 c. c. 8 d'acide carbonique; l'animal reste 28 minutes dans le bain très froid à 5°, vers la fin 100 c. c. de sang ont perdu 10 c. c. 3 d'oxygène et ont gagné 13 c. c. d'acide carbonique.

Concluons donc que sous l'influence du bain très froid, même partiel, la disparition de l'oxygène au niveau des tissus est plus

grande qu'à l'état normal; en un mot les oxydations sont augmentées.

Voici des expériences démonstratives :

EXPÉRIENCE du 16 janvier faite sur un chien de 6 kg. — *Influence de la réfrigération sur la nutrition élémentaire dont l'activité est mesurée par l'analyse simultanée des gaz du sang artériel et du sang veineux.*

Avant le bain l'analyse des gaz donne les résultats suivants pour 21 c. c., 8 de liquide sanguin.

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
7cc 4 CO^2	5cc 6 CO^2
2cc 2 O	4cc 5 O
0cc 2 Az	0cc 2 Az

Différence pour le sang veineux :

1cc 8 CO^2 en plus
2cc 3 O en moins

Avant le bain la température rectale était à 37°. — La durée du bain partiel à 5° est de quinze minutes; après le bain la température est descendue à 28°.

L'animal succombe dix minutes après sa sortie du bain.

Après le bain on prend simultanément 21 c. c. 8 de sang artériel et de sang veineux, on fait l'extraction des gaz.

Sang du cœur droit.	Sang artériel.
5cc CO^2	3cc CO^2
0cc 5 O	4cc 5 O
0cc 2 Az	0cc 2 Az

Différence pour le sang veineux :

2cc CO_2 en plus
4cc O en moins

Ainsi *avant le bain* 100 c. c. de sang renferment :

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
33cc 9 CO^2	25cc 6 CO^2
10cc O	20cc 6 O
0,8cc Az	0cc 9 Az

Différence :

CO^2 8cc 3
O 10cc 6

Avant la réfrigération, 100 c. c. de sang perdent donc à travers les tissus 10 c. c. 6 O.

Après le bain l'analyse donne les chiffres suivants pour 100 c. c. de sang.

Sang du cœur droit.	Sang artériel.
22cc 9 CO^2	13cc 7 CO_2
2cc 2 O	20cc 6 O
0cc 9 Az	0cc 9 Az

Différence:

9cc 2 CO^2
18cc 4 O

En résumé, avant le bain froid, 100 c.c. de sang perdaient en traversant les capillaires 10 c.c., 6 d'oxygène tandis qu'après la réfrigération ils en perdaient 18 c.c. 4, c'est-à-dire bien près du double. Il faut donc admettre que sous l'influence de ce bain partiel très froid, les oxydations diverses ont augmenté.

Ajoutons qu'il est quelquefois dangereux d'abaisser à 28° la température rectale des animaux.

EXPÉRIENCE du 25 janvier faite sur un chien. — *Mesure de la nutrition élémentaire par l'analyse simultanée des sangs artériel et veineux avant et après un bain très froid.* — Avant le bain, l'animal avait une température rectale de 39°,5.

L'extraction des gaz de 21 c. c., 8 de sang, donne les résultats suivants :

Sang artériel.		Sang veineux des membres.	
7cc 25	CO^2	8cc 15	CO^2
4cc 65	O	3cc 10	O

Différence :

O	1cc 55
CO^2	0cc 90

Dans les tissus il y a donc disparition de 1 c. c., 55 d'oxygène pour servir aux oxydations ; tandis que nous avons 0 c. c., 9 d'acide carbonique dans le même temps et pour le même volume de sang.

On le place dans un bain à 3°,5 pendant 20 minutes, la température rectale descend à 28°.

Après le bain, l'extraction des gaz pour la même quantité de sang donne les résultats suivants :

Sang artériel.		Sang veineux des membres.	
6cc	CO^2	8cc 45	CO^2
5cc 25	O	2cc 1	O

Différence :

O	3cc 15
CO^2	2cc 45

L'oxygène absorbé par les tissus est de 3 c. c., 15. Or, l'absorption avant le bain n'était que de 1 c. c., 55 ; les oxydations augmentent donc pendant le bain froid ; l'exhalation de CO^2 s'accroît également, fait très rationnel qui est en rapport avec la plus grande disparition de l'oxygène.

En calculant pour 100 c. c. de sang on trouve :

	Avant le bain		Après le bain.	
	Sang artériel.	Sang veineux.	Sang artériel.	Sang veineux.
CO^2	33cc 2	37cc 3	27cc 5	38cc 7
O	21cc 3	14cc 2	24cc	9cc 6

Avant le bain — Différence :		Après le bain — Différence :	
CO^2	4cc 1	CO^2	11cc 2
O	7cc 1	O	14cc 4

La nutrition élémentaire est donc exagérée pendant le bain très froid.

Expérience du 18 janvier, 11 heures du matin, faite sur un chien de 7 kg. — *Influence du bain très froid sur la nutrition. Dosage simultané des gaz des sangs artériel et veineux.* — On prend en même temps 21 c. c., 8 de sang, dans le bout périphérique de la veine jugulaire externe et dans l'artère crurale; avant le bain la température est de 39°,3.

L'analyse simultanée des gaz du sang donne les résultats suivants :

Sang de la veine jugulaire.		Sang artériel.	
8cc 55	CO^2	7cc 95	CO^2
3cc 5	O	4cc 25	O
0cc 3	Az	0cc 3	Az

Différence :

0cc 6 CO^2
0cc 75 O

En calculant pour 100 c. c., on obtient :

Sang de la veine jugulaire.		Sang artériel.	
39cc 2	CO^2	36cc 4	CO^2
16cc	O	19cc 4	O
1cc 3	Az	1cc 3	Az

Différence :

2cc 8 CO^2
3cc 4 O

100 c. c. de sang en traversant les capillaires perdent donc 8 c. c., 8 d'oxygène et gagnent seulement 2 c. c., 8, CO^2.

L'animal reste 28 minutes dans le bain très froid à 5° au-dessous de 0, après ce laps de temps, la température est descendue à 29°. A ce moment on fait l'extraction simultanée des gaz du liquide sanguin :

Veine jugulaire.		Sang artériel.	
7cc 55	CO^2	4cc 7	CO^2
1cc 95	O	4cc 2	O
0cc 2	Az	0cc 2	Az

Différence :

2cc 85 CO^2
2cc 25 O

En calculant pour 100 c. c. on obtient les nombres suivants :

Sang de la veine jugulaire.		Sang artériel.	
34cc 6	CO^2	21cc 5	CO^2
8cc 9	O	19cc 2	O
0cc 9	Az	0cc 9	Az

Différence :

13cc CO^2
10cc 3 O

En résumé, 100 c. c. de sang en circulant à travers les tissus

abandonnent avant le bain 3 c. c. 4 d'oxygène et entraînent 2 c.c.,8 d'acide carbonique, tandis qu'après le bain ils perdent 10 c.c.,3 d'oxygène et gagnent 13 c. c. d'acide carbonique.

Le bain très froid, même partiel active donc considérablement les combustions interstitielles.

A une heure de l'après-midi, la température rectale était à 25° et à sept heures du soir elle était à 23°.

L'animal est mort pendant la nuit.

Il est donc dangereux de trop abaisser par le bain froid la température d'un animal qui n'avait rien de pathologique avant le bain.

A la sortie du bain la température n'était qu'à 29°. Mais peu à peu la chaleur s'est abaissée progressivement et l'animal est mort avec une hypothermie excessive.

TABLEAU MONTRANT LA MESURE DE LA NUTRITION ÉLÉMENTAIRE PAR L'ANALYSE SIMULTANÉE DES GAZ DU SANG ARTÉRIEL ET DU SANG VEINEUX AVANT ET APRÈS UN BAIN TRÈS FROID.

Dates des expér.	Tempér. du bain.	Tempér. de l'animal. avant le bain.	après le bain.	Co^2 diffusé et O absorbé pour 100cc de sang. avant le bain. Co^2	O	après le bain. Co^2	O	Diff. ap. le bain. Co^2 formé en plus	O absorbé en plus.
10 janv.	5°	37°	28°	8.3	10.6	9.2	18.4	0.9	7.8
25 —	3°5	39°5	28°	4.1	7.1	11.2	14.4	7.1	7.3
18 —	5°	39°3	29°	2.8	3.4	13	10.3	10.2	6.9

En résumé, l'acide carbonique *quittant les tissus pour entrer dans le sang* est plus considérable après qu'avant la prise du bain froid.

Accroissement de l'oxygénation du sang artériel sous l'influence des bains froids. — L'expérience nous fait encore voir que le bain froid, en favorisant le renouvellement de l'air dans les poumons, a aussi pour action de rendre l'oxygénation du sang artériel plus grande qu'à l'état normal.

Citons à l'appui les analyses suivantes qui démontrent cette proposition :

EXPÉRIENCE du 23 avril faite sur un chien de 11 kg. — *Influence du refroidissement* sur les *gaz des sangs* des deux ventricules. — Artérialisation du sang veineux. — A 10 h. 55 m., on place l'animal dans un bain à 12°, il meurt vers 4 heures et demie, la température centrale étant de 23°.

Après la mort, on prend du sang dans les deux ventricules.

9 c. c., 3 du sang du cœur gauche renferment 4 c. c.,25 CO^2 et 1 c. c., 8 O.

9 c. c., 3 du sang du ventricule droit renferment 5 c. c. CO^2 et 1 c. c., 9 O.

On voit, d'après cette expérience, que le sang du cœur droit et le sang du cœur gauche peuvent avoir au moment de la mort la même teneur en oxygène ; en d'autres termes, le sang veineux *s'artérialise,* parce que les oxydations sont très diminuées dans l'intimité des tissus. Nous dirons, en nous servant d'une expression fort juste de M. Brown-Séquard, qu'il se produit une *diminution* très nette des échanges.

EXPÉRIENCE du 20 mars faite sur un chien du poids de 12 kg. — *Réfrigération dans un bain à 3°. — Dosage des gaz du sang artériel.* — On prend dans l'artère crurale du chien 14 c. c., 2 de sang, qui contiennent avant le bain 5 c.c., 65 CO^2 et 3 c. c., 5 O.

Ou 100 c.c. de sang renferment 39 c. c.,78 CO^2, — 24 c. c., 64 O, — 1 c. c., 4 Az.

Avant le bain, température rectale à 39°,2 ; à onze heures, on met l'animal dans le bain froid à 3°, il s'agite un peu au début, mais il finit par se calmer ; on le retire du bain à 11 h. 40 m., la température est à 34°,2.

On prend de nouveau 14 c. c.,2 de sang artériel, qui donnent après l'extraction des gaz par la pompe, le récipient étant plongé dans l'eau à une température de 50° :

5 c. c.,5 CO^2 et 3 c. c.,9 O, ou 100 c. c. de sang renferment 38 c. c.,73 CO^2, — 27 c. c.,46 O, — 1 c. c.,4 Az.

Différence, 1 c. c.,05 CO^2 en plus avant le bain. — Différence, 2 c. c.,82 O en plus après le bain.

Concluons donc qu'en réfrigérant un chien par le bain froid, on augmente l'oxygénation du sang artériel.

Sur ce même animal, on constate que la *ventilation* pulmonaire est beaucoup plus active.

En effet, avant le bain froid, l'animal faisait circuler à travers ses poumons 30 litres d'air en 5 minutes, tandis qu'après le bain froid d'une demi-heure ou d'une heure, il en faisait circuler 50 litres dans le même temps.

Comme conséquence, il en résulte des variations dans les volumes des gaz du sang.

Le 18 février, c'est-à-dire le lendemain, la température de ce chien était à 39°, c'est-à-dire normale.

EXPÉRIENCE du 15 avril faite sur un chien nouveau de 12 kg.,500. — *Influence de la réfrigération sur les gaz du sang artériel.* — Avant le bain

froid, la température rectale est de 39°,2. L'analyse des gaz du sang artériel donne pour :

9 c. c.,2 de sang carotidien :

2cc 9 CO^2 ou 30cc 8 0/0
2cc 15 O ou 23cc 0/0

A 11 h. 15 m., on met le chien dans un bain à 11°.
A 11 h. t. r., 34°,2; à 11 h. 15, t. r. 25°,5. On fait l'analyse des gaz.
9 c. c.,2 de sang carotidien renferment:

0cc 9 CO^2
2gr,6 O ou 28 0/0

Midi 20 minutes, la température rectale est à 22°.
L'analyse des gaz donne pour 9 c. c.,2 de sang carotidien :

1cc CO^2
2cc 7 O ou 29cc 0/0

A 2 heures et demie, le chien possède certains attributs de l'animal à sang froid; il respire très lentement; la température rectale est à 17°, les yeux sont excavés et le sang est très rouge dans le ventricule gauche, mais il est encore noir dans le ventricule droit.

Cette expérience démontre que, sous l'influence d'une réfrigération lente, le sang artériel devient plus *riche en oxygène,* et cet excès d'oxygène subsiste encore après la mort.

L'action du froid humide peut même aller plus loin et diminuer tellement les *échanges* que les sangs des deux ventricules possèdent la même teneur en oxygène.

Citons l'expérience suivante qui démontre le fait :

EXPÉRIENCE du 7 mai faite sur un chien. — *Influence de la réfrigération sur les gaz du sang; mort avec ralentissement de la nutrition élémentaire.* — On place l'animal à 8 h. 20 m. dans un bain à 14°,5 : à 10 h. 45 m. la température rectale est à 35°; à midi, elle est à 34°; à 3 h. et quart, température rectale 26°; à 5 h. 10 m. l'hyperexcitabilité neuro-musculaire est très évidente et persiste jusqu'au moment de la mort qui se produit lorsque la chaleur est à 20°.

L'analyse des gaz du sang du ventricule gauche donne les résultats suivants :
9 c.c.,2 de sang renferment :

3cc CO^2 ou 32cc 6 0/0
et 2cc 3 O ou 25cc 0/0

9 c c. 2 de sang veineux (cœur droit) contiennent :

1cc 8 CO^2 ou 19cc 5 0/0
et 2cc 15 O ou 23cc 3 0/0

Nous trouvons dans cette expérience une preuve que l'animal ne succombe pas à l'*asphyxie* puisque le sang artériel après la mort renferme 25 0/0 d'oxygène, et 32 c. c.,6 0/0 d'acide carbonique ; que le sang veineux contient 23 c. c.,3 d'oxygène p. 0/0 et 19 c. c.,5 d'acide carbonique.

Nous pouvons dire en empruntant à M. Bouchard une heureuse expression, qu'il se produit un véritable ralentissement de la nutrition.

La mort à la suite du refroidissement n'est pas produite par l'asphyxie. Nous avons pu souvent analyser les gaz des sangs du ventricule droit et du ventricule gauche, ce qui nous a permis de juger la question.

Si, au moment de la mort, ou peu de temps après, on extrait les gaz des sangs des ventricules, on constate que la quantité d'oxygène est souvent augmentée ou qu'elle est normale ; que les proortions d'acide carbonique sont ou plus faibles, parfois normales, plus rarement augmentées.

Voici des expériences qui démontrent ce que nous avançons :

Expérience du 17 avril faite sur un chien de 11 kg. — *Influence de la réfrigération sur les gaz du sang.* — Avant le bain, la composition centésimale de l'air expiré est de 17 c. c., 30; deux fois on obtient le même résultat; la température rectale est à 38°, la respiration à 24 et le pouls à 112.

9 c. c.,3 du sang du cœur droit renferment 3 c. c.,75 CO^2 ou 40 c. c.,3 0/0, et 1 c. c.,3 O, ou 13 c. c.,9 0/0.

A 10 h. 30 m. on place le chien dans un bain à 8°; à midi 25, la température rectale est à 31,5.

9 c. c.,3 du sang du ventricule droit contiennent 4 c. c. CO^2 ou 40 c. c.,1 0/0 et 1 c. c.,2 O, ou 12 c. c.,9 0/0.

La composition centésimale de l'air est de 16 c. c.,3.

A 4 h. 35 m., le pouls est à 36, la respiration à 8.

La mort survient à 4 h. 50 m., par arrêt respiratoire presque immédiatement suivi de l'arrêt cardique ; la température rectale est à 19°.

On prend immédiatement du sang dans le ventricule droit.

9 c. c. de sang veineux donnent 4.6 CO^2 ou 49 c. c., 5 0/0 et 1 c. c., 35 O, ou 14 c. c.,6 0/0.

9 c. c.,3 du sang du ventricule gauche renferment 2 c. c.,71 CO^2, ou 29 c. c.,1 0/0, et 2 c. c.,26 O ou 24 c. c.,3 0/0.

Le bain froid a donc eu pour résultat :

1° La diminution progressive du nombre des pulsations et des respirations : — de 24 la respiration tombe à 8, le pouls de 112 descend à 36;

2° L'absorption de l'oxygène, plus considerable qu'à l'état physiologique, à un moment où la chaleur centrale est de 31°,5;

3° Le maintien du taux de l'oxygène dans le sang veineux du ventricule droit coïncidant avec une légère augmentation de l'acide carbonique;

4° La persistance, au moment de la mort, d'une quantité d'oxygène un peu supérieure à la normale. Ici encore les signes d'une asphyxie vraie n'existent pas; il faut donc abandonner cette idée que les animaux meurent d'asphyxie lorsqu'ils succombent au refroidissement.

EXPÉRIENCE du 16 avril faite sur une chienne de 13 kg. — *Influence du bain froid sur les gaz du sang artériel.* — Avant le bain, la température rectale est de 37°,8.

9 c. c. du sang carotidien renferment 3 c. c.,1 CO^2, ou 33 c. c.,3 0/0, et 2 c. c. O ou 23 c. c.,6 0/0.

A 10 h. 10 m., on met le tiers postérieur du corps du chien dans un bain à 9°.

A 11 h. 10', t. r., 33°,8.

A 11 h. 45', » », 31°,2.

A 12 h. 10', » », 31°,2.

9 c. c.,3 de sang carotidien renferment 2 c. c.,8 CO^2, ou 30 c. c. 0/0, et 2 c. c.,4 O ou 25 c. c.,8 0/0.

A 6 h. 10', la température rectale est à 22°,5; l'anesthésie cornéenne est très accentuée, la respiration est descendue à 4 ou 5 par minute.

A 6 h. 30', les reflexes sont très exagérés; un choc sur la table détermine des contractions tétaniformes; la température rectale est à 21°,5.

9 c. c.,3 du sang carotidien renferment 2 c. c.,6 CO^2, ou 27 c. c.,9 0/0, et 2 c. c.,5 O ou 26 c. c,8 0/0.

A 21°,5 l'animal est flasque, s'abandonne aux lois de la pesanteur; à ce moment on le plonge dans un bain chaud à 50°; la respiration s'accélère; en un quart d'heure la température rectale s'élevait à 24°; il meurt dans la soirée à 7 heures et demie, presque subitement, avec une température de 28°,5.

A 22°, la composition de l'air expiré est de 18.3.

Cette expérience montre que le sang artériel ne subit pas les altérations de l'asphyxie qui sont considérées par beaucoup d'auteurs comme la vraie cause de la mort par le froid. — En effet, à la température de 37°,8, l'oxygène était à 23 c. c., 6 0/0; à 31°,2, il était à 25 c. c.,8, et à 21°,5 il était à 26 c. c., 8; — l'acide carbonique, au lieu d'augmenter, subit donc une légère décroissance; avant le bain on trouve 33 c. c.,3 0/0, avec une température centrale de 31°,2 l'analyse donne 30 c. c. 0/0; enfin, à 21°,5 on note 27 c. c. 9 0/0. On ne rencontre donc pas les lésions de l'asphyxie à mesure que l'on approche de la mort.

EXPÉRIENCE du 6 mai faite sur un chien. — *Action du refroidissement sur les gaz du sang.* — On plonge l'animal dans un bain à 12°,5.

Un peu d'agitation se produit au début, bientôt suivie d'une période de calme; la température descend peu à peu, et l'animal meurt après avoir séjourné quatre heures dans un bain froid; lorsque la chaleur centrale est à 20°, l'hyperexcitabilité neuro-musculaire est très accentuée, le moindre choc détermine des secousses musculaires. La mort survient avec une température rectale de 19°.

On ouvre rapidement le thorax et on prend 9 c. c. de sang dans le ventricule gauche; l'analyse donne 1 c. c.,8 CO^2 et 1 c. c.,8 O ou 20 0/0.

On voit donc que l'oxygénation du sang est toujours au moins égale à la normale peu d'instants après la mort.

De plus celle-ci, comme d'ordinaire, survient aux environs de 19°; nous ne trouvons pas les lésions hématiques de l'asphyxie.

Lorsque la réfrigération est lente, au moment où la température est descendue à 20°, l'hyperexcitabilité neuro-musculaire devient très nette.

L'oxygénation du sang et l'hyperexcitabilité neuro-musculaire. — Lorsqu'on a fait agir le froid sur un animal à sang chaud, on observe plusieurs faits importants. Avec l'abaissement de la température centrale, on voit toutes les fonctions s'affaiblir; toutefois, les reflexes sont plus intenses, ainsi que M. Brown-Séquard l'a constaté depuis longtemps; mais à mesure que la chaleur centrale descend à 25° et au-dessous, il apparaît une exaltation considérable de l'excitabilité reflexe de la moelle épinière: le moindre choc détermine des tressaillements et même des contractions convulsives généralisées; il semble que l'on soit en présence d'un animal strychnisé. Pour produire ce phénomène, il suffit de refroidir lentement un chien et d'attendre que la température centrale soit aux environs de 22°.

Cet état d'*hyperexcitabilité* dépend en partie de la *saturation du sang* artériel par l'oxygène, ce qui modifie la nutrition des éléments nerveux; au moment de la mort, le liquide sanguin contient le maximum d'oxygène qu'il peut absorber.

Un chien de 10 kg., plongé dans un bain à 11°, se refroidit peu à peu; il succombe avec une température centrale de 19°; le sang du ventricule gauche renferme 31 c.c., 5 d'oxygène pour 100; une autre partie du même sang est agitée à l'aide d'un moteur à eau avec de l'oxygène, et, à la même température et à la même pression, on obtient, comme capacité respiratoire,

28 c.c., 5 pour 100. Un autre animal de la même espèce pesant 12 kg. est placé dans les mêmes conditions que le précédent ; immédiatement après la mort par le froid, le sang du ventricule gauche contient 31 c.c., 3 d'oxygène pour 100, et son pouvoir absorbant, à la même température et à la même pression est de 29 c.c. pour 100.

Le liquide sanguin d'un troisième chien, ayant péri par refroidissement progressif, renfermait 30 c.c., 4 d'oxygène pour 100 et sa capacité respiratoire était également de 30 c. c. pour 100.

Avant le refroidissement le sang du premier animal contenait 23 c.c. d'oxygène, celui du deuxième 24 c.c. et celui du troisième 23 c.c., 5 pour 100.

Le refroidissement lent produit une suroxygénation progressive du sang artériel.

C'est un fait facile à vérifier : un chien de 13 kg. 500 est refroidi lentement de 10 h. 10 m. du matin à 6 h. 30 du soir ; avant la réfrigération le sang renfermait 23 pour 100 d'oxygène ; à midi, la température centrale était de 31°,2 ; le liquide sanguin contenait 26 pour 100 d'oxygène et au moment de la mort 30 pour 100.

Le liquide sanguin d'un second animal renfermait, avant le bain froid à 11°,23 pour 100 d'oxygène : après une heure et demie, la proportion était de 28 pour 100 ; la chaleur, primitivement de 39°,2, était descendue à 27°,5 et, après deux heures cinq minutes de bain l'oxygène était à 30 pour 100 et la chaleur à 22°. Les chiffres obtenus par MM. Mathieu et Urbain ne sont pas comparables aux nôtres, les conditions n'étant pas identiques.

Voilà un phénomène très important, l'hyperexcitabilité neuromusculaire qui est fort nette au moment où la température centrale descend lentement aux environs de 20°. Comment expliquer ce signe ?

En analysant les gaz du sang artériel, on trouve que le liquide des artères est saturé d'oxygène ; la capacité respiratoire est à son maximum. Souvent la quantité d'oxygène est de 28 ou de 30 0/0, quelquefois plus : or, d'après les analyses de P. Bert, lorsque la quantité d'oxygène s'élève à ce taux, les animaux présentent des accidents divers, en particulier des convulsions. — Or, dans la réfrigération ce sont des phénomènes convulsifs légers qui sont sous la dépendance de cette suroxygénation laquelle produit

des troubles nutritifs d'où résulte l'hyperexcitabilité neuro-musculaire.

Voici des expériences avec hyperexcitabilité et suroxygénation du sang :

Expérience du 21 avril faite sur un chien de 12 kg. — *Influence de la réfrigération sur les gaz du sang des deux ventricules.*

Avant le bain froid la température rectale est de 38°,8. — A 10 h. 45 m. on plonge le tiers postérieur de l'animal dans l'eau à 11 degrés.

Vers six heures du soir la température rectale est à 21°, dix minutes plus tard le chien meurt après avoir présenté des *phénomènes convulsifs* provoqués et spontanés; la température centrale est à 19°,8 et celle du sang du cœur droit à 20°,5.

Analyse des gaz immédiatement après la mort :

Gaz du cœur droit	6cc 8	CO^2
9cc 3 de sang donnent	1cc 8	O
ou	73cc 1	CO^2
pour 100cc	19cc 3	O

20 minutes après 9 c.c. de sang du ventricule gauche :

ce sang est d'un	3cc 5	CO^2
rouge vif	2cc 95	O
ou	37cc 2	CO^2
pour 100cc	31cc 3	O

Il est bien évident que ce chien ne succombe pas à une absence d'oxygène : tout au contraire la proportion d'oxygène du sang artériel est plus grande qu'à l'état normal. Ces proportions se rapprochent de celles que P. Bert indique comme capables de produire des convulsions.

Expérience du 2 mai faite sur un chien de 13 kg. 200. — *Action de la réfrigération sur les gaz du sang.* — Le 1er mai au soir on place un chien dans l'eau à 15°, il y reste pendant la nuit : à sept heures du matin, la température rectale est à 23°, à 8 h. 16 m. à 22°,5; le pouls est à 40, la respiration à 12.

L'hyperexcitabilité neuro-musculaire est fort nette, en frappant légèrement la gouttière, on provoque des mouvements intenses dans les muscles des pattes et dans les muscles du cou.

A 10 heures du matin, l'animal meurt avec une chaleur centrale de 19°,2; immédiatement après la mort on fait l'analyse des gaz du sang artériel et du sang veineux :

9 c.c., 2 du sang du ventricule gauche donnent :

3cc 1 CO^2 ou 33cc 7 0/0
2cc 8 O ou 30cc 43 0/0

9 c. c. de sang du ventricule droit :

4cc 2 CO^2 ou 51cc 0/0
0 95 O ou 11cc 5 0/0

La capacité respiratoire ou le coefficient d'absorption du sang artériel est à son maximum.

Au moment de la mort, le liquide sanguin est saturé d'oxygène; pour le démontrer on agite avec de l'oxygène 30 c.c. de sang pris dans le ventricule gauche; on réunit la mousse en imprimant un mouvement circulaire à l'éprouvette graduée qui contient le sang oxygéné à son maximum, on en prélève 9 c.c., 2 qui donnent à l'analyse 1 c.c. CO^2 et 2 c.c., 8 d'oxygène, c'est-à-dire 30 c.c., 43 0/0; or, c'est précisément la même quantité obtenue en prenant le sang à l'abri de l'air dans le ventricule gauche.

La réfrigération lente et progressive arrive donc à saturer d'oxygène le sang artériel : c'est là un fait nouveau qui présente une certaine importance pour expliquer les troubles nerveux survenant dans la dernière phase du refroidissement.

b. — Action des bains très chauds sur les gaz du sang.

L'influence des bains très chauds sur la nutrition ressemble beaucoup à celle des bains froids ; le bain chaud augmente l'absorption de l'oxygène au niveau des tissus. Les preuves sont nombreuses.

Citons les suivantes qui sont directes :

Dans une première série d'expériences :

Avant le bain de 45 à 50°, 100 c. c. de sang perdaient 6 c. c., 7 d'oxygène à travers les tissus, tandis qu'après le bain chaud, 100 c.c. de sang en perdaient 14 c. c., 8, c'est-à-dire que les oxydations intimes, les *échanges nutritifs* ont doublé d'activité.

En même temps la quantité de CO^2 exhalée est plus considérable et le volume d'acide carbonique produit dans un poids donné de sang est également accru.

Dans une seconde série d'expériences, avant le bain 100 c.c. de sang perdaient 8 c.c., 7 d'oxygène à travers les tissus, tandis qu'après le bain 100 c. c. de sang abandonnaient 15 c. c., 2 d'oxygène c'est-à-dire le double environ.

Dans une troisième série d'expériences, 100 c. c. de sang traversaient les capillaires en perdant 7 c. c., 3 d'oxygène, tandis qu'après le bain, 100 c.c. de sang laissaient au tissus 10 c.c. d'oxygène.

On peut donc conclure que pendant et après le bain très chaud

l'absorption de l'oxygène par les tissus est notablement augmentée, en un mot que les oxydations directes ou indirectes sont plus intenses qu'avant l'administration du bain.

Voici des preuves nombreuses à l'appui de cette opinion :

Expérience du 26 janvier faite sur un chien de 12 kg. — *Bain partiel très chaud à 50°. — Avant et après le bain, mesure de l'activité nutritive élémentaire.* — La température rectale avant le bain est à 39°. On prend en même temps 21 c. c. 8 de sang dans le ventricule droit et dans l'artère crurale et on fait l'extraction des gaz avec la pompe à mercure, le récipient plongeant dans l'eau à 55°.

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
10^{cc} 3 CO^2	8^{cc} 75 CO^2
2^{cc} 3 O	4^{cc} 2 O
0^{cc} 25 Az	0^{cc} 3 Az

Différence :

1^{cc} 55 CO^2
1^{cc} 9 O

Ce qui donne pour 100 c. c. de sang :

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
47^{cc} 2 CO^2	35^{cc} 5 CO^2
10^{cc} 5 O	19^{cc} 2 O
1^{cc} 1 Az	1^{cc} 3 Az

Différence :

11^{cc} 7 CO^2
8^{cc} 7 O
0^{cc} 2 Az

En circulant à travers les capillaires en un temps donné, 100 c. c. de sang perdent donc 8 c. c.,7 O et gagnent 11 c.c.,7 CO^2.

On plonge les membres inférieurs de l'animal dans un bain dont la température, d'abord à 52°, descend à la fin à 48°. — Le chien s'agite un peu, puis se calme.

Après un quart d'heure d'immersion dans l'eau chaude, la température rectale est à 40°,8; on attend plusieurs minutes, et lorsque le nombre des *pulsations cardiaques* est à peu près le même *qu'avant le bain*, on fait l'extraction simultanée de 21 c. c., 8 de sang artériel et veineux.

Disons ici qu'à ce moment le chien est très affaissé, il abandonne sa tête à l'action de la pesanteur; il succombe d'ailleurs un quart d'heure après avec une température rectale de 43°,2.

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
5^{cc} 05 CO^2	2^{cc} CO^2
3^{cc} O	3^{cc} 6 O
0^{cc} 2 Az	0^{cc} 2 Az

Différence :

3^{cc} 05 CO^2
3^{cc} 3 O

En calculant pour 100 c. c. de sang on obtient :

Sang du ventricule droit.		Sang artériel.	
23cc 1	CO^2	9cc 1	CO^2
1cc 3	O	16cc 5	O
0cc 9	Az	0cc 9	Az

Différence :

14cc	CO^2
15cc 2	O

En résumé, avant le bain très chaud, l'animal produisait dans un temps donné et pour un volume donné 11 c. c.,7 CO^2 et absorbait au niveau de ses capillaires, dans les mêmes conditions, 8 c. c.,7 O. Immédiatement après le bain, le chien produisait 14 c.c. CO^2 et absorbait 15 c. c.,2 d'oxygène, c'est-à-dire, à peu près le double de l'état physiologique ; en d'autres termes, tandis qu'avant le bain 100 c. c. de sang perdaient à travers les capillaires 8 c. c.,7 O en un temps donné, ils en perdent par le fait du bain 15 c. c.,2. De plus 100 c. c. de sang gagnent avant le bain 11 c.c. 7 CO^2 ils en perdent 14 c. c. après le bain.

Il est donc bien évident que les phénomènes de nutrition élémentaire, d'oxydations nutritives sont activés pendant un bain très chaud partiel. La différence ici est très accusée parce que les effets de l'hyperthermie étaient à leur limite extrême.

Expérience du 30 janvier, faite sur un chien de 11 kg. — *Influence d'un bain très chaud sur la nutrition élémentaire, mesurée par l'analyse simultanée des gaz du sang.* — Avant le bain la température rectale est à 39°,5. L'analyse des gaz donne les résultats suivants pour 21 c.c.,8 de sang :

Sang du cœur droit.		Sang artériel.	
9cc 7	CO^2	7cc	CO^2
3cc 3	O	5cc	O
0cc 2	Az	0cc 2	Az

Différence :

2cc 7	CO^2
1cc 8	O

ou pour 100 c. c. de sang :

Sang du cœur droit.		Sang artériel.	
44cc 4	CO^2	32cc 1	CO^2
15cc 1	O	22cc 4	O
0cc 9	Az	0cc 9	Az

Différence :

12cc 3	CO^2
7cc 3	O

On plonge la moitié du corps de l'animal dans un bain de 21 minutes de

durée, pendant ce temps la température descend de 50° à 47°. L'analyse des gaz donne les chiffres suivants :

Sang du cœur droit.	Sang artériel.
6^{cc} CO^2	4^{cc} CO^2
2^{cc} 9 O	5^{cc} 1 O
0^{cc} 25 Az	0^{cc} 2 Az

Différence :

2^{cc} CO^2
2^{cc} 2 O

ou pour 100 c. c. de sang :

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
27^{cc} 5 CO^2	18^{cc} 3 CO^2
13^{cc} 3 O	23^{cc} 3 O
1^{cc} Az	0 9 Az

Différence :

9^{cc} 2 CO^2
10^{cc} O

Ces chiffres nous montrent que l'absorption d'oxygène par les tissus a subi une légère augmentation.

L'animal respire pendant 20 minutes hors du bain; on analyse de nouveau les gaz du sang; 21 c. c.,8 de liquide sanguin contiennent :

Sang artériel.

1^{cc} 85 CO^2
5^{cc} 5 O

Après avoir été enlevé de la gouttière, l'animal reste inerte, haletant; il succombe à une heure de l'après-midi. On voit encore dans cette expérience que la quantité d'acide carbonique du sang diminue de plus en plus, tandis que la proportion d'oxygène reste la même ou subit un léger accroissement.

Expérience du 25 janvier faite sur un chien. — *Influence du bain très chaud sur la nutrition élémentaire, mesurée par l'analyse simultanée des gaz du sang.* — Avant le bain la température rectale est de 39°.

L'analyse des gaz donne les résultats suivants pour 21 c. c.,8 de sang.

Sang de la veine jugulaire externe.	Sang artériel.
9^{cc} 3 CO^2	8^{cc} 8 CO^2
2^{cc} 9 O	4^{cc} 4 O
0^{cc} 2 Az	0^{cc} 2 Az

Différence :

0^{cc} 5 CO^2
1^{cc} 5 O

En calculant pour 100 c. c. de sang, nous aurons :

Sang de la veine jugulaire externe.	Sang artériel.
42^{cc} 6 CO^2	40^{cc} 3 CO^2
13^{cc} 3 O	20^{cc} 1 O
0^{cc} 9 Az	0^{cc} 9 Az

Différence :

2^{cc} 3 CO^2
6^{cc} 8 O

A midi, on plonge la moitié du corps dans un bain à 51°; après 10 minutes, la température rectale est à 40° et après 20 minutes elle est à 42°.

On fait l'analyse des gaz du sang :

Sang de la veie jugulaire externe.		Sang artériel.	
4^{cc} 9	CO^2	3^{cc} 5	CO^2
2^{cc} 7	O	4^{cc}	O
0^{cc} 2	Az	0^{cc} 2	Az

Différence :

1^{cc} 4	CO^2
1^{cc} 3	O

En calculant pour 100 c. c. de sang, nous aurons :

Sang de la veine jugulaire externe.		Sang artériel.	
22^{cc} 4	CO^2	16^{cc}	CO^2
12^{cc} 3	O	18^{cc} 3	O
0^{cc} 9	Az	0^{cc} 9	Az

Différence :

6^{cc} 4	CO^2
6^{cc}	O

Dans ce cas particulier la quantité d'acide carbonique cédée au sang par les tissus est plus forte après le bain qu'avant, tandis que l'absorption d'oxygène est à peu près la même; mais, comme le débit est plus grand ordinairement dans les cas semblables, il en résulte que les combustions sont augmentées par le fait du bain très chaud.

EXPÉRIENCE du 9 février faite sur un chien de 10 kg. — *Influence des bains très chauds sur les gaz du sang.* — Avant l'expérience, la température rectale est de 38°,8, et l'analyse simultanée des gaz donne les résultats suivants pour 21 c. c.,8 de sang :

Sang du ventricule droit.		Sang artériel.	
9^{cc} 05	CO^2	8^{cc} 05	CO^2
3^{cc} 35	O	4^{cc} 8	O
0^{cc} 2	Az	0^{cc} 2	Az

Différence :

1^{cc}	CO^2
1^{cc} 45	O

Ou pour 100 c. c. de sang :

Sang du ventricule droit.		Sang artériel.	
41^{cc} 5	CO^2	36^{cc} 9	CO^2
15^{cc} 3	O	22^{cc}	O
0^{cc} 9	Az	0^{cc} 9	Az

Différence :

4^{cc} 6	CO^2
6^{cc} 7	O

On plonge l'animal dans un bain de 50°. La température du bain pendant

l'expérience descend à 46°; le chien s'agite un peu pendant 4 minutes et demie, puis il se calme; la température s'élève à 41°,5 après 22 minutes de bain : à ce moment, on prend en même temps du sang dans l'artère et dans le ventricule droit.

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
8cc 3 CO^2	5cc 85 CO^2
1cc 85 O	5cc 1 O
0cc 2 Az	0cc 2 Az

Différence :
2cc 85 CO^2
3cc 25 O

En caculant pour 100 c. c., nous obtenons :

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
38cc CO^2	26cc 8 CO^2
8cc 5 O	23cc 3 O
0cc 9 Az	0cc 9 Az

Différence :
11cc 2 CO^2
14cc 8 O

Il résulte de ces expériences : 1° que l'absorption d'oxygène augmente sous l'influence du bain très chaud; 2° que la quantité d'acide carbonique contenue dans le sang s'accroît également; 3° que la quantité d'acide carbonique est inférieure à la quantité d'oxygène absorbée.

Six minutes après la sortie du bain, le chien meurt; on ouvre le thorax immédiatement après la mort; les contractions cardiaques ne consistent qu'en mouvements oscillatoires faibles.

Immédiatement après la mort, on prend simultanément du sang dans le ventricule droit et dans l'artère; on fait l'extraction des gaz du sang :

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
5cc 7 CO^2	2cc 3 CO^2
0cc 95 O	5cc 1 O
0cc 2 Az	0cc 2 Az

Différence :
3cc 4 CO^2
4cc 15 O

En calculant pour 100 c. c., on obtient :

Sang du ventricule droit.	Sang artériel.
26cc 1 CO^2	10cc 5 CO^2
4cc 3 O	23cc 3 O
0cc 9 Az	0cc 9 Az

Différence :
15cc 6 CO^2
19cc O

On constate dans ces recherches plusieurs faits intéressants : d'abord le sang artériel est aussi riche en O immédiatement après la mort qu'à l'état normal.

Cette richesse, égale en oxygène, démontre que l'on ne meurt pas par asphyxie, mais bien par hypothermie vraie. De plus, si l'on veut bien suivre les phénomènes de combustion du début à la fin du bain très chaud, on voit que les oxydations vont en augmentant progressivement jusqu'à la terminaison fatale.

TABLEAU MONTRANT LA MESURE DE LA NUTRITION ÉLÉMENTAIRE PAR L'ANALYSE SIMULTANÉE DES GAZ DU SANG ARTÉRIEL ET DU SANG VEINEUX AVANT ET APRÈS UN BAIN TRÈS CHAUD.

Dates des expér.	Tempér. du bain.	Tempér. de l'animal.		Co^2 diffusé et O absorbé pour 100cc de sang.				Diff. ap. le bain.	
				avant le bain.		après le bain.			
		avant le bain.	après le bain.	Co^2	O	Co^2	O	Co^2 produit	O absor.
16 jan.	50°	39°	40° 8	11cc	8cc 7	14cc	15cc 2	+ 2cc 3	+ 6cc 5
30 jan.	50°	39° 5		12cc 3	7cc 3	9cc 2	10cc	— 3cc 1	+ 2cc 7
25 jan.	51°	39°	42°	2cc 3	6cc 8	6cc 4	6cc	+ 4cc 1	— 0cc 8
9 fév.	50	38° 8	41° 5	4cc 6	6cc 7	11cc 2	14cc 8	+ 6cc 6	+ 8cc 1
Immédiatement après la mort.						15cc 6	19cc	+11cc	+12cc 3

c. — Influence des bains à 30° sur les gaz du sang.

Le bain à 30° favorise la nutrition élémentaire. Avant le bain, 100 c. c. de sang en traversant les capillaires abandonnaient 8 c. c.,37 d'oxygène, tandis qu'après le bain 100 c. c. de sang en perdent le double.

Voici des analyses probantes :

EXPÉRIENCE faite sur un chien de 10 kg. — *Analyse simultanée des gaz du sang artériel et du sang du ventricule droit.* — Avant le bain, la température rectale est de 38°,3. L'analyse des gaz du sang est faite en même temps, à l'aide de deux pompes à mercure, qui manœuvrent simultanément, les récipients à vide étant placés dans le même bain d'eau chaude à la température de 55°.

En opérant ainsi avec 21 c.c. 6 de sang, on obtient les résultats suivants :

Sang de l'artère crurale.	Sang du ventricule droit.
9cc 6 CO^2	11cc 4 CO^2
3cc 6 O	2cc 6 O

Différence :

CO^2 1cc 8
O 1cc

ou pour 100 c.c. de sang :

44cc 4 CO^2	52cc 77 CO^2
16cc 66 O	12cc O

Différence :

CO^2 8cc 37
O 4cc 66

Chez cet animal si on examine seulement 21 c. c.,6 de sang circulant en 10 secondes environ, on trouve qu'il s'est produit 1 c.c.,8 ou 8 c.c.,37 0/0 d'acide carbonique dans la circulation capillaire, c'est-à-dire au niveau des tissus, là où se fait la *nutrition élémentaire;* dans les mêmes conditions il a disparu 1 c.c. ou 4 c. c.,66 0/0 d'oxygène.

Le chien reste 21 minutes dans le bain à 30°, sa température rectale ne s'abaisse que de quelques dixièmes de degré ; elle tombe à 37°,9.

Sang de l'artère crurale.	Sang du ventricule droit.
8cc 3 CO^2	9cc 8 CO^2
3cc 9 O	1cc 7 O

Différence des deux sangs :

CO^2 1cc 5
O 2cc 2

Le bain à 30° modifie donc la *nutrition élémentaire;* l'action fondamentale consiste en absorption ou disparition plus considérable d'oxygène dans le réseau capillaire ; en effet, avant le bain, à l'état normal il disparaît 1 c.c. d'oxygène, tandis qu'après le bain il en disparaît 2 c.c., 2, c'est-à-dire le double pour la même quantité de sang et pour la même unité de temps, les oxydations paraissent donc augmentées, néanmoins la production de CO^2 reste à peu près la même.

Ce fait serait irrationnel si la nutrition était directe; mais de nombreuses expériences prouvent le contraire ; il peut y avoir une apparence de dissociation des deux phénomènes, absorption d'oxygène et exhalation de CO^2 dans des rapports qui ne sont pas constants.

Concluons d'après l'analyse simultanée des gaz du sang que le bain à 30° augmente les phénomènes de combustion élémentaire, d'oxydation dans les éléments histologiques de nos tissus; ces modifications semblent être surtout des oxydations incomplètes avec formation de nouveaux corps sans qu'il en résulte un excès d'acide carbonique dans le sang veineux.

Action des bains à 33° *sur les gaz du sang.* — Sous l'influence de ce bain, la nutrition est également modifiée, les combustions interstitielles sont augmentées, les échanges activés. Avant ce bain, 100 c. c. de sang en traversant les petits vaisseaux per-

daient 5 c. c., 2 d'oxygène, tandis qu'après le bain, ils en abandonnaient 8 c. c., 8.

Citons les expériences suivantes à l'appui :

EXPÉRIENCE du 17 mars, faite sur un chien de 9 kg. 500. — *Influence du bain à 33° sur la nutrition élémentaire, mesurée par l'analyse simultanée des gaz des sangs artériel et veineux.* — Avant le bain, la température rectale est de 39°,3. L'analyse des gaz du sang donne les résultats suivants pour 14 c. c.,2 de sang :

Sang de la veine jugulaire.		Sang artériel.	
7cc 15	CO^2	5cc 05	CO^2
2cc 4	O	3cc 15	O
0cc 2	Az	0cc 25	Az

Différence :

2cc 10 CO^2
0cc 75 O

ou pour 100 c. c. de sang :

Sang de la veine jugulaire externe.		Sang artériel.	
50cc 3	CO^2	35cc 5	CO^2
16cc 9	O	22cc 1	O
0cc 9	Az	1cc	Az

Différence :

14cc 8 CO^2
5cc 2 O

On plonge les trois quarts de l'animal dans un bain à 33° pendant 44 minutes, à ce moment la température rectale est de 39°,0, elle s'est donc un peu relevée, bien que l'animal soit immobilisé dans une gouttière.

Les analyses des gaz donnent les résultats suivants pour 14 c. c., 2.

Sang de la veine jugulaire externe.		Sang artériel.	
6cc 85	CO^2	5cc 6	CO^2
2cc 25	O	3cc 5	O
0cc 2	Az	0cc 2	Az

Différence :

1cc 25 CO^2
1cc 25 O

ou pour 100 c. c. de sang :

Sang de la veine jugulaire externe.		Sang artériel.	
48cc 2	CO^2	39cc 4	CO^2
15cc 8	O	24cc 6	O
0cc 9	Az	0cc 9	Az

Différence :

8cc 8 CO
8cc 8 O

Sous l'influence d'un bain à 33° la consommation d'oxygène sur les tissus, s'accroît dans de faibles proportions.

Modifications très légères apportées par les traumatismes à la

nutrition intime. — On pourrait objecter que les *traumatismes* faits pour découvrir les vaisseaux, sont les causes des variations observées dans les gaz du sang après les bains. Voici des analyses qui prouvent qu'il existe, en effet, de légères modifications, mais elles sont minimes, tant que l'on opère comme dans nos recherches, c'est-à-dire en choisissant des animaux bien portants pour chaque série d'expériences.

Expérience chez un chien de 14 kg. — *Mesure des variations nutritives par l'analyse simultanée des gaz du sang artériel et du sang veineux après un traumatisme, consistant en plaies destinées à découvrir les vaisseaux.* — On découvre à l'aide d'incisions l'artère crurale droite et les veines jugulaires du cou.

On prend simultanément 21 c. c.,16 de sang dans l'artère crurale et dans le ventricule droit. On obtient :

Sang artériel.		Sang du ventricule droit.	
8cc 65	CO^2	18cc 35	CO^2
3cc 85	O	2cc 40	O

Différence :

CO^2 1cc 70
O 1cc 45

On attend une heure, et l'on fait de nouveau l'extraction des gaz du sang.

Sang artériel.		Sang du ventricule droit.	
8cc 40	CO^2	9cc 95	CO^2
3cc 98	O	2cc 30	O

Différence :

CO^2 1cc 55
O 1cc 6

Ces analyses nous permettent de conclure que le traumatisme produit pour découvrir les vaisseaux n'influence pas sensiblement la nutrition élémentaire.

III. — Action du bain froid et du bain chaud sur la quantité de sang qui traverse les vaisseaux en un temps donné.

a. — Action du bain froid sur le débit du sang. — La mesure de la quantité de sang qui traverse un vaisseau peut être faite à l'aide de divers instruments, mais leur imperfection est encore si grande que je me suis contenté d'adapter une canule à une artère et de recevoir dans une éprouvette graduée le liquide qui s'écoule pendant cinq secondes; en comparant la quantité que l'on mesure avant et après le bain, on a un rapport assez exact qui permet d'avoir une idée du phénomène.

En opérant ainsi, on constate que le bain froid *diminue* très notablement le débit du sang à travers les vaisseaux, surtout si la chaleur centrale descend au-dessous de 30°; prenons un exemple : avant le bain, il se fait par la carotide un débit de 63 c. c. de sang en cinq secondes; tandis qu'après le bain, la quantité est de 36 à 37 c.c. de liquide sanguin.

Voici l'expérience dans ses détails :

EXPÉRIENCE du 2 avril faite sur un chien. — *Débit de l'artère carotide avant et après un bain froid.* — Avant le bain la température rectale est de 38°,3. — Le débit de l'artère carotide est de 63 c.c. en cinq secondes.

L'animal est plongé dans un bain à 7°, où il reste jusqu'à ce que la température rectale soit à 29°. A ce moment l'essai du débit artériel est répété trois fois et donne 36 à 37 c.c. de sang, qui s'écoule en cinq secondes.

Le rapport est donc $\frac{63}{36 \text{ ou } 37}$ ou 1,7 c'est-à-dire que la quantité de liquide sanguin s'écoulant en cinq secondes avant le bain froid est 1 fois $\frac{7}{10}$ de fois plus grande que celle qui s'écoule en cinq secondes pendant et après un bain froid abaissant la température à 29°.

b. — Action du bain très chaud sur le débit du sang. — On procède ici comme pour le bain froid, en recevant le liquide sanguin dans une éprouvette graduée avant et après le bain.

En opérant ainsi, on trouve, *avant le bain*, un écoulement égal à 58 c.c., 5 en cinq secondes, tandis qu'il est de 38 c. c. dans le même temps. Le rapport est donc de $\frac{58,5}{38}$ ou 1,52, c'est-à-dire que le débit est une fois et demie plus fort avant qu'après le bain.

Voici une expérience à l'appui :

EXPÉRIENCE du 11 avril faite sur un chien. — *Débit artériel avant et après le bain chaud.* — Avant le bain la température rectale est de 40°; 58 c.c., 5 de sang s'écoulent de l'artère en cinq secondes.

On plonge l'animal dans un bain à 47°, où il reste pendant 17 minutes, la température rectale s'est élevée à 43°, la quantité de sang qui s'écoule de l'artère en cinq secondes est de 38 c. c. Le rapport est donc de $\frac{58,5}{38}$ ou de 1,52.

Donc le débit après le bain a augmenté sous l'influence du bain très chaud.

Froid et Glycémie.

IV. — Action de la réfrigération et de l'échauffement sur la fonction glycogénique.

A. — Influence du froid sur la fonction glycogénique.

Les divers auteurs français ou étrangers, peu nombreux d'ailleurs, qui ont essayé de résoudre la question arrivent à admettre les conclusions de Cl. Bernard.

Or, Bernard dit expressément (Leçons de physiologie expérimentale, t. 1er, 1855, p. 190) : « A mesure que la température s'abaisse, le sucre diminue dans le foie et quand le thermomètre n'indique plus que 18 à 20° on n'en trouve plus du tout, de sorte qu'en deux heures tout le sucre du foie peut avoir disparu. »

Le même physiologiste ajoute que l'action du froid doit durer un certain temps; ses expériences ont été faites sur des cochons d'Inde, refroidis par la neige ou la glace, le ventre étant appuyé sur le mercure.

Après 1 heure 1/2 ou 2 heures il n'y avait pas trace de matière sucrée dans le foie.

Essayons d'étudier cette influence en procédant avec méthode :

Le bain froid commence par augmenter la quantité de glycose contenue dans le sang.

Citons quelques exemples :

Avant le bain 1,000 c.c. de liquide sanguin d'un chien renfermaient 1 gr. 31 de glycose, tandis qu'après le bain à 7°, 5 1,000 c.c. de sang contenaient 1 gr. 99 de sucre.

Dans une autre expérience, avant le bain, nous avons trouvé 1 gr. 53 de glycose dans 1,000 c. c. de sang, tandis qu'après un bain à 4° 1,000 de sang renfermaient 2 gr. 05 de sucre. La température rectale du chien était descendue à 32°.

Il est donc évident que sous l'influence des bains froids, la glycose augmente dans le sang.

Résumons les expériences qui le démontrent.

Expérience du 3 avril faite sur un chien de 8 kg. 500. — *Influence du bain très froid sur la glycémie.* — Avant le bain la température rectale est de 38°, le pouls est à 112.

On prend dans l'artère carotide 14 c.c., 2 de sang, dans lequel on trouve 18 milligr. 7 de glycose, ce qui donne par 1,000 c.c. 1 gr. 31.

On plonge la moitié du corps de l'animal dans un bain à 7°, 5; après 25 minutes de séjour dans l'eau froide la température rectale descendait à 26°, 5 et le pouls à 70.

L'analyse du sucre par notre procédé donne 1 gr. 99 pour 1,000 c.c. de sang.

Il résulte de cette expérience que le bain très froid augmente la glycose dans le sang : néanmoins la proportion n'est pas assez élevée pour qu'il y ait glycosurie.

Dans certains cas cependant la quantité qui augmente dans le sang est suffisante pour que le sucre passe dans les urines, — il y a là des indications démontrant qu'il faut surveiller l'administration des bains froids chez les diabétiques; d'une manière plus générale, il est utile que les diabétiques se garantissent contre le froid.

Expérience du 19 février faite sur un chien. — *Influence du bain très froid sur la glycémie.* — Avant le bain la température rectale est à 38°, 2. On prend 20 c.c. de sang dans l'artère crurale, l'analyse de la glycose donne 1 gr. 53 pour 1,000 c.c. de sang.

On plonge la moitié du corps de l'animal dans un bain à 4° où il reste pendant une demi heure; après ce laps de temps la température rectale est à 30°, on prend de nouveau du sang artériel et l'analyse montre que la glycose atteint le chiffre de 2 gr. 05 pour 1,000.

On peut donc conclure que sous l'influence du bain froid la quantité de glycose augmente dans le sang.

Expérience du 13 mai faite sur un chien de 6 kg. — *Refroidissement.* — *Dosage de la glycose dans le sang.* — Avant l'application du froid la température rectale est de 38°, 9; à 10 heures 5 minutes on place l'animal dans un bain à 14°, après cinq minutes de froid, la température rectale reste la même.

Avant le refroidissement on dose le sucre dans le sang du cœur droit et on trouve 1 gr. 80 pour 1,000 c.c. de sang.

A midi cinq minutes la température rectale est descendue à 31°, 5. — On dose le sucre dans le sang du ventricule droit (la prise de sang est faite à l'aide d'une sonde de plomb que l'on introduit par la jugulaire) on trouve 2 gr. 78 de glycose pour 1,000 c.c. de sang, chiffre supérieur à la normale.

Il est donc évident qu'avec une réfrigération qui amène la température centrale à 31°,5, la glycose augmente dans le sang.

Expérience du 28 mai faite sur un chien de 9 kg. — *Action du froid sur la glycémie.* — A 9 h. 40 m., on plonge l'animal dans un bain à 12°,5.

Avant le bain, le sang du cœur droit renferme 1 gr. 71 de glycose pour 1,000. La température rectale est de 39°.

A 11 h. 40 m., la température rectale est de 35°,4; à ce moment on prend le sang pour y faire le dosage du sucre; on constate qu'il renferme 3 gr. 8 de glucose.

Dans ce cas encore le froid produit une augmentation de sucre dans le torrent circulatoire.

Expérience du 31 mai faite sur un chien du poids de 11 kg. — *Influence du refroidissement sur la fonction glycogénique.* — Le chien, dont la température rectale est de 39°, est mis à 10 h. 12 m. dans un bain froid à 12°.

Avant le bain 1,000 c. c. de sang contiennent 1 gr.,27 de glycose.

Deux heures après, la température rectale est descendue à 33°,5 : on dose le sucre dans le sang, qui en renferme 2 gr. 50 pour 1,000 c. c.

L'action du froid fait donc augmenter la glycose dans le sang, lorsqu'on se place dans les conditions indiquées dans l'expérience précédente.

Nous venons d'établir que la glycose du sang des animaux à sang chaud subit un *accroissement* sous l'influence de la *réfrigération* assez rapide.

Dans le même ordre d'idées, le froid fait augmenter *le sucre du foie* des animaux à sang chaud, lors même que la température centrale descend à 16° et après une réfrigération de quatre heures.

Expérience faite sur un cobaye du poids de 406 gr. — *Action de la réfrigération sur le sucre du foie.* — On place dans un bain à 14° les pattes postérieures et une petite partie de l'abdomen d'un cochon d'Inde n'ayant pas mangé depuis la veille. — L'animal y reste soumis au froid pendant 1 h. 50 m. Après ce laps de temps, on dose le sucre dans le foie et on obtient 4 gr. 53 pour 1,000 gr. de foie. Or, le foie d'un autre cobaye placé dans les mêmes conditions du même poids et de la même portée, pris comme témoin, n'ayant subi aucune influence frigorifique, renfermait 2 gr. 5 de glycose pour 1,000 gr.

Dans ce cas la quantité de sucre paraît donc plus considérable après le bain qu'avant ce dernier. — Il est bien certain que le chiffre de sucre était au moins aussi considérable qu'avant le bain. Ces faits sont en opposition avec la règle générale posée par Bernard.

Expérience du 25 mai faite sur un cobaye de 350 gr. à jeun. — *Refroidissement ayant duré 4 h. 7 m.* — Dosage du sucre dans le foie.

On place dans l'eau à 13° les pattes postérieures de l'animal qui est fixé sur une petite planchette; il se refroidit peu à peu; 4 h. 7 m. après le début du refroidissement, le cochon d'Inde succombe avec une température de 16° dans les cavités splanchniques.

Analyse chimique. — Au moment des respirations agoniques, on prend le foie que l'on plonge dans l'eau bouillante; — son poids est de 17 grammes; on le hache, on le traite par le sulfate de soude, on comprime, on traite de nouveau par l'eau chaude; — on filtre et on dose le sucre dans ce liquide, qui est très louche et paraît contenir une grande quantité de glycogène.

Le dosage du sucre, en nous servant de notre méthode et en employant le liquide Pasteur, donne 10 grammes de sucre pour 1,000 grammes de foie, chiffre très supérieur à la normale.

Nous voyons donc qu'après un refroidissement de 4 heures 7 minutes, la température descendue à 16°, le cobaye présente non seulement du sucre dans son foie, mais encore une quantité plus grande qu'à l'état physiologique.

La loi de Bernard n'est donc pas exacte dans le cas présent.

Puisque le sucre augmente dans le sang et dans le foie sous l'influence de la réfrigération, il semble que la glycosurie doive être un phénomène constant. Le fait est vrai pour les lapins qui deviennent ordinairement glycosuriques sous l'action du froid; mais les chiens le deviennent rarement.

Notons les preuves suivantes :

EXPÉRIENCE du 8 avril faite sur un chien de 10 kg. — *Refroidissement progressif de l'animal jusqu'à 30°,2. — Analyse de l'urine avant et après le refroidissement. — Absence de glycosurie.*

L'urine à l'état normal ne contient pas de sucre.

La température rectale est à 38°,9. A onze heures on plonge l'animal dans un bain à 15°, à 11 h. 40 m. T. R. 30°,2.

On sort l'animal du bain et la température continue à baisser. On tue l'animal par l'injection d'air dans les veines. On ouvre l'abdomen et on prend l'urine directement dans la vessie.

Cette urine ne réduit pas la liqueur de Violette.

EXPÉRIENCE du 15 mai faite sur un lapin. — *Action de la réfrigération sur la glycosurie.*

La température rectale est à 37°,4. A 10 h. 20 m. on place le lapin dans un bain à 13°, à 11 h. 15 m. la température descend à 21°,5, à 11 h. 20 m. elle est à 20°5.

A ce moment on retire l'animal du bain, sa température rectale est de 19°,8. L'urine avant le bain ne réduit pas sensiblement la liqueur de Violette.

Immédiatement après le bain la réduction est déjà nette; mais la réduction est très franche 40 minutes après la sortie du bain.

A 6 heures du soir la température rectale de l'animal est à 22°.

Il est donc bien évident que le lapin est devenu *glycosurique* à la suite de son bain froid.

Quand on suit les variations de la glycose dans l'économie,

l'animal étant refroidi, on remarque qu'elle augmente, telle est *la loi fondamentale.*

Mais lorsque l'animal se refroidit avec une grande lenteur, en 8 à 10 heures par exemple pour le chien, on voit se produire un effet opposé, c'est-à-dire que le sucre du sang diminue peu à peu jusqu'au moment de la mort.

L'exemple suivant démontre le fait :

Expérience du 24 mai faite sur un chien de 10 kg. 500. — *Réfrigération. — Diminution considérable du sucre dans le sang.*

On dose le sucre dans le sang, on trouve 1 gr. 52 pour 1,000 c. c. de sang du ventricule droit.

La température rectale est à 38°,8. A 9 heures du matin l'animal est plongé dans un bain à 13°, à 4 heures du soir la température est à 24°, à 5 h. 10 m. elle est à 21°. Le chien succombe à 5 h. 20 m. avec une chaleur centrale de 20°,4.

Immédiatement après l'arrêt respiratoire, on prend le sang du ventricule droit pour y doser le sucre ; on trouve que la liqueur de Violette se décolore un peu, devient verdâtre sous l'influence de grandes quantités du liquide devant renfermer le sucre s'il existe ; mais en ajoutant ce liquide un peu décoloré à une solution d'ichthyocolle, on voit se produire instantanément la *couleur violette* du biuret montrant que le sel de cuivre n'est pas réduit.

Concluons que sous l'influence du refroidissement graduel et prolongé pendant 8 heures, le sucre disparaît du torrent circulatoire et au moment de la mort, l'analyse quantitative ne permet de déceler que des traces de glycose.

Cette diminution de la glycose se produit d'abord dans le sang, puis dans le foie.

Dans l'expérience qui suit, le sucre a diminué dans le sang, tandis que la glycose du foie est presque normale.

Expérience du 8 mai faite sur un chien de 12 kg. — *Glycose dans le sang et dans le foie.*

Avant le bain la température rectale est à 37°,8 et la glycose est de 1 gr. 60 pour 1,000 c. c. de sang, le pouls à 96, la respiration à 20. A 11 h. 45 m., on plonge le train postérieur et la partie inférieure de l'abdomen dans un bain à 13°,5. Au moment de la mort, survenue 6 heures après le refroidissement du bain partiel, 1,000 c. c. de sang renferment 0 gr. 80 centigr. de glycose, tandis que l'analyse donne 1 gr. 90 de glycose pour 1,000 gr. de tissu hépatique.

Dans cette expérience, la glycose a beaucoup diminué dans le sang ; mais ici le refroidissement s'est produit avec lenteur ; il a duré six heures au moins ; dans ces conditions la quantité de sucre décroît dans le milieu intérieur.

EXPÉRIENCE du 26 mai faite sur un chien. — *Influence du bain froid sur la glycose du sang et du foie.* — Avant le bain, la température rectale est de 38°,9 ; 1,000 grammes de sang du cœur droit renferment 1 gr. 87 de glycose.

A 8 h. 20 m. on plonge l'animal dans un bain à 12° ; à 9 h. 40 m., t. r., 34°,8 — à 10 h. 20 m., t. r., 34° — à 10 h. 40 m., t. r., 35°,8 — à 12 h. 5 m., t. r., 32°,1. — A ce moment, 1,000 gr. de sang du cœur droit contiennent 1 gr. 38 de glycose.

L'animal succombe à 2 h. 30 m., et 1,000 gr. de foie renferment 0 gr. 89 de glycose (la normale est de 1 gr. 30).

Cette expérience fait voir que la glycose diminue dans le sang et dans le foie lorsque la réfrigération est lente et continuée longtemps.

Remarquez encore que dans cette diminution lente et progressive, le sucre disparaît d'abord dans le sang puis dans le foie.

Ainsi sous l'influence du froid, la *glycogénie*, la *glycémie* et la *glycosurie* subissent des variations : le lapin refroidi devient facilement glycosurique ; il se produit de l'hyperglycémie chez le chien dans la première période de réfrigération.

Il résulte de ces recherches que les bains froids prolongés sont nuisibles aux diabétiques.

Lorsque la chaleur centrale atteint les chiffres de 30° à 26°, la glycose diminue dans le sang des animaux refroidis.

Chaleur et Glycémie.

b. — De l'action des bains chauds sur la glycémie.

L'influence des bains chauds sur la glycémie est une question neuve. Cl. Bernard a bien placé un cochon d'Inde et un lapin dans une étuve d'air chaud, a trouvé que les fonctions du foie *paraissent* exaltées, en particulier la formation de la bile ; celle du sucre ne paraît pas autant augmentée : voilà tout ce que l'on trouve dans les écrits de Bernard, qui n'a pas fait d'expériences sur les bains chauds.

Pour la thérapeutique clinique, il est de la plus haute importance de savoir quelles sont les modifications de la glycogénèse dans ces conditions bien déterminées. C'est ce que nous avons fait en instituant des expériences avec des analyses chimiques d'une grande exactitude.

Lorsqu'on augmente la température rectale en plongeant un animal dans un bain à 45° ou à 48°, la glycose augmente dans le sang, mais l'augmentation n'est pas considérable.

Chez un chien déjà affaibli on trouve que 1,000 c. c. de sang artériel renferment avant le bain 0 gr. 66 de glycose, tandis qu'après le bain 1,000 c. c. contiennent 1 gr. 10.

Dans une autre série d'expériences, nous voyons qu'à l'état normal la glycose est de 1 gr. 39 et qu'elle s'élève à 1 gr. 86 sous l'influence du bain chaud.

Voici des analyses qui démontrent cet accroissement :

Expérience du 25 février faite sur un chien de 9 kg. — *Influence du bain chaud sur la glycémie.* — Il y a plusieurs jours, la veine jugulaire et la carotide ont été mises à nu ; le sang est pris simultanément dans le cœur droit et dans une artère crurale.

A 10 h. 40 m., on prend dans le cœur droit et dans l'artère crurale 21 c.c.,8.

Sang du cœur droit.	Sang artériel.
Glycose 0gr 688	0gr 660

La température rectale est à 38°,6.

A 11 h. 15 m., on le place dans un bain très chaud à 54°.

Après un séjour de 12 minutes dans le bain, la température rectale est à 40°,5 ; après 16 minutes, elle est à 41°,5. La chaleur du bain est descendue à 47°.

On prend alors le sang artériel et le sang du ventricule droit pour y doser le sucre :

1,000cc de sang du cœur droit renferment :	1,000cc de sang artériel contiennent :
Glycose 1gr,133	1gr,10

On peut donc conclure que le bain chaud a influencé la glycémie, en augmentant la quantité de sucre contenue dans le sang artériel et dans le sang veineux.

Expérience du 14 juin faite sur un chien de 12 kg.. — *Influence du bain chaud sur la glycémie.* — A 9 h. 30 m. on extrait 15 c. c. de sang du cœur droit pour y doser le sucre. — L'analyse donne 1 gr. 39 de glycose pour 1,000 c. c. de sang.

Avant le bain la température rectale est de 39°,7.

A 9 h. 55 m., on place l'animal dans un bain à 48° (le train postérieur seul plonge dans l'eau du bain).

De 9 h. 55 à 11 h. 55 m., la température du bain oscille entre 44 et 48°, tandis que la chaleur de l'animal se maintient entre 41 et 42°.

A midi, la température rectale est de 41°,4 ; à ce moment, on extrait 15 c. c. de sang du ventricule droit et l'on trouve 1 gr. 86 de glycose pour 1000 c. c. de sang.

Il est bien évident que sous l'influence du bain chaud le sucre a subi une augmentation dans le milieu intérieur.

EXPÉRIENCE du 12 juin faite sur un chien de 9 kg. 500. — *Influence du bain chaud sur la glycémie.* — Avant le bain, la température rectale est de 39°.

Le sang du ventricule droit renferme 1 gr. 71 de glycose pour 1000 c. c. de sang.

On met l'animal dans un bain chaud dont la température oscille entre 48° et 44°.

L'animal est soumis à cet échauffement pendant 3/4 d'heure; la température rectale s'élève à 43°.

Le sang renferme alors 2 gr. 3 de glycose pour 1000 c. c. de sang. Chaque prise de sang était de 14 c. c.,2.

Ici encore la glycose a subi une augmentation sous l'influence du bain chaud.

EXPÉRIENCE du 17 juin faite sur un chien.—*Action du bain très chaud sur la glycose du sang.*— Avant le bain la température rectale est de 39°,2. On extrait 15 c.c. de sang du ventricule droit. Le dosage du sucre donne 2 gr. 09 p. 1000. A 11 h. 45 m., on plonge le tiers postérieur du corps de l'animal dans un bain à 50°; rapidement il devient anhélant, on le retire de l'eau pendant 2 heures, on le plonge de nouveau dans le bain à 48°, il meurt une demie heure après l'immersion avec une température centrale de 44°.

Le dosage du sucre n'est fait que 35 minutes après la mort. On prend 15 c.c. de sang dans le ventricule droit. Le dosage de la glycose donne 2 gr. 99 p. 1000.

Le sang du ventricule était noirâtre, poisseux, renfermait beaucoup de sucre; la liqueur Pasteur étendue se réduisait et apparaissait d'un beau jaune.

Cette expérience montre que la glycémie augmente sous l'influence d'un bain chaud. L'accroissement est encore très net une demi heure après la mort lorsque celle-ci survient d'une manière assez rapide.

EXPÉRIENCE du 19 juin faite sur un chien. — *Influence du bain chaud de longue durée sur la glycémie.* — Avant le bain, la température rectale est de 39° et le sang du ventricule droit renferme 1 gr. 38 de glycose par 1000 c.c.

A 11 heures du matin, on place le train postérieur de l'animal dans un bain dont la température oscille entre 48° et 44°. Après une demi heure de bain, la chaleur centrale du chien s'est élevée à 41°, on le laisse dans ce bain jusqu'à midi et demi, époque à laquelle on le retire de l'eau chaude jusqu'à 3 h. 20 m.

A 3 h. et demie on le place de nouveau dans le bain chaud à 47°, la température rectale s'élève graduellement, la respiration s'accélère, et le chien meurt à 6 h. et demie du soir.

On prend du sang du ventricule droit, on le traite par le sulfate de soude; on ajoute de l'eau distillée, pour faire 60 c. c., le magma passé à travers un linge donne un liquide qui décolore à peine la liqueur diluée cupro-potassique de Pasteur, et présente un léger précipité.

On doit donc conclure que la glycose disparaît presque tota-

lement du liquide sanguin sous l'influence d'une hyperthermie qui se produit d'une manière *lente* et progressive.

On peut objecter que le traumatisme et la saignée sont les causes de l'accroissement de la glycose dans le sang; l'expérience directe démontre que le traumatisme et la faible perte de sang favorisent l'augmentation de la glycose mais dans de minimes proportions.

Voici des analyses à l'appui :

Expérience du 12 mai faite sur un chien de 10 kg. — *Influence du traumatisme et d'une légère saignée sur la quantité de glycose contenue dans le sang artériel et veineux.* — A 11 h. 20 m. on prend simultanément du sang dans l'artère carotide et dans le ventricule droit après avoir fait des plaies assez larges pour découvrir les vaisseaux. On dose le sucre et on trouve pour 1000 c. c. de sang :

	Sang artériel.	Sang du ventricule droit.
Avant :	1 gr. 28	1 gr. 44

On attend une heure et on prend de nouveau 21 c.c. de sang dans les mêmes vaisseaux :

On dose le sucre et on trouve :

	Sang artériel.	Sang du ventricule droit.
Après :	1 gr. 34	1 gr. 50

Il résulte de cette expérience que le sucre augmente un peu sous l'influence du traumatisme et d'une petite saignée, mais la différence est faible.

Mesures calorimétriques.

V. — De l'influence du froid et de la chaleur sur la quantité de chaleur émise par un animal. (Nouveau procédé.)

Le principe de notre calorimètre est le même que celui du calorimètre employé en chimie par M. Berthelot; nous l'avons modifié et adapté à l'objet de nos études; pour arriver à obtenir un instrument exact, nous avons dû faire de nombreuses recherches expérimentales au point de vue de la construction des diverses pièces de l'appareil.

Après des essais multipliés, notre calorimètre est composé de la manière suivante :

Au centre, une boîte cylindrique en cuivre rouge assez mince dont on connaît bien la chaleur spécifique; cette enceinte est destinée à recevoir l'animal, elle est soudée sur tous les points,

excepté sur la paroi supérieure, qui est fermée hermétiquement à l'aide d'un couvercle muni de plusieurs pas de vis; — sur une partie périphérique de la paroi supérieure existe un tube qui sert à laisser passer l'air extérieur nécessaire à la respiration. Cette cavité sert à loger l'animal mis en expérience. Sur la partie latérale et en haut est placé un autre tube qui sert à la sortie de l'air expiré, air entraîné par aspiration. Cet air passe à travers un serpentin enroulé huit à dix fois autour du cylindre, qui plonge dans l'eau; de cette manière l'air échauffé par l'animal abandonne sa chaleur à l'eau en traversant ce tube enroulé : l'expérience le démontre d'une manière évidente.

Le calorimètre à eau qui entoure la première enceinte, dont la paroi externe est polie et brillante est également en cuivre rouge; ce calorimètre contient une certaine quantité d'eau, hermétiquement renfermée à l'aide d'un couvercle en cuivre rouge qui peut s'enlever à volonté; de cette manière la pièce centrale qui contient l'animal plonge de tous côtés dans un milieu liquide, même en haut. L'eau de ce calorimètre peut être mélangée à l'eau d'un double agitateur en croissant.

Le couvercle présente un orifice pour le thermomètre calorimétrique.

L'ensemble repose sur la troisième enceinte de l'appareil par des pieds en bois de petite dimension.

Cette troisième enceinte est en laiton, à double paroi, ce qui permet de la remplir d'eau; la surface en rapport avec l'espace aérien intérieur est polie et brillante. Le couvercle supérieur est également à double paroi en laiton et renferme de l'eau; l'intérieur est construit de telle manière qu'il y ait communication entre l'eau du grand réservoir et l'eau du couvercle. Ce couvercle est perforé d'orifices qui servent de passage à l'air inspiré, à l'air expiré, au thermomètre et aux agitateurs.

Pour éviter sûrement les variations thermométriques de cette enceinte, il est indispensable d'élever un peu la température de cette eau; la chaleur devient facilement uniforme dans toute l'étendue de cette masse assez considérable. L'expérience démontre que dans ces conditions la température de l'animal ne varie pas.

Toutes ces pièces sont logées dans une boîte en bois, ouverte latéralement pour permettre de visser les deux écrous qui servent

à relier le couvercle de laiton de la boîte inférieure et périphérique.

L'appareil destiné à recevoir l'acide carbonique se compose : 1° d'une série de barboteurs lutés avec soin ; 2° de deux flacons à $SO^4 H^2$ à colonne assez haute et exactement de même hauteur ; 3° de deux barboteurs à potasse et d'un barboteur à $SO^4 H^2$.

L'aspiration est faite à l'aide d'un vase en verre d'une grande capacité, analogue au vase de Mariotte ; on le remplit préalablement d'eau jusqu'à la limite supérieure de la longue tige de verre d'un calibre que l'expérience détermine, — de même le tube inférieur d'écoulement est d'un calibre également déterminé par l'expérience.

De cette manière, la quantité d'air expirée qui passe sera toujours la même dans le même temps. Pour déterminer la quantité d'oxygène absorbé, l'air du vase est soumis à l'analyse endiométrique. Nous avons donc pu établir des expériences qui sont exactement comparables.

Nous avons donc dû créer d'abord une méthode exacte, ce qui nous a demandé beaucoup de temps. Aussi nos expériences ne sont-elles pas encore très nombreuses ; mais aujourd'hui nous nous avons en main une excellente méthode que nous nous empressons d'utiliser.

Les essais que nous avons faits démontrent que nos conclusions sur les bains froids sont des plus exactes ; en effet, en plaçant un animal refroidi dans notre calorimètre, on constate deux périodes : tant que la chaleur centrale ne descend pas au-dessous de 30 à 32°, la quantité de calories reste peu élevée.

Voici quelques expériences à l'appui de cette proposition :

Expérience du 3 juillet faite sur un cobaye de 160 grammes. — *Influence du refroidissement sur la quantité de calories émise par l'animal.* — Avant la réfrigération, l'animal émet par kilogramme et par heure sept calories ; la normale prise pendant trois jours donne à peu près les mêmes résultats.

L'oxygène absorbé est de 115,0 c. c. en une heure.

L'acide carbonique exhalé est de 0 gr. 24 centigr. en une heure.

On refroidit l'animal en le plaçant dans un vase en verre mince entouré de glace et de sel ; on attend que la température centrale soit descendue à 34° (la température initiale était à 39,4). — Puis on le plonge dans l'enceinte calorimétrique centrale, et on constate que la quantité de chaleur émise est de 10 calories par kilogr. et par heure. Avant, la température centrale était à 34° ; après, elle est à 33°,9.

L'oxygène absorbé est de 183 c. c. en une heure.

L'acide carbonique est de 0 gr. 38 centigr. en une heure.

Cette expérience fait voir que la quantité de chaleur émise augmente sous l'influence du refroidissement.

EXPÉRIENCE du 1er juillet faite sur un cobaye de 180 grammes. — *Influence de la réfrigération sur la quantité de chaleur émise.* — Avant le refroidissement, l'animal émet sept calories par kilogramme et par heure.

L'oxygène absorbé est de 165 c.c.,0 en une heure. L'acide carbonique exhalé est de 0 gr. 32 centigr. en une heure.

On refroidit l'animal en plaçant le cobaye dans un vase entouré de glace; la température rectale descend à 35°; à ce moment on le met dans le calorimètre.

La quantité de chaleur émise est de 10 calories 5 par kilogr. et par heure; la température centrale n'a pas varié.

L'oxygène absorbé est de 205 c. c. en une heure. L'acide carbonique exhalé est de 0 gr. 52 centigr. en une heure.

Ici encore nous trouvons que la réfrigération augmente et *la quantité de chaleur émise,* et l'oxygène absorbé, et l'acide carbonique produit.

EXPÉRIENCE du 28 juin faite sur un cobaye de 250 grammes. — *Influence de la chaleur sur la quantité de calories émise sur un animal.* — Avant l'échauffement, le cobaye émet huit calories par kilogramme et par heure.

L'oxygène absorbé est de 175 c. c. en une heure. L'acide carbonique exhalé est de 0 gr. 38 centigr. en une heure.

A 10 h. 40 m., on échauffe le cobaye en lui faisant respirer de l'air chaud d'une étuve à l'aide d'une muselière, le corps tout entier étant en dehors de l'étuve; la température rectale s'élève à 43°.

A ce moment on le place dans le calorimètre; on l'en retire au bout d'une heure : la température s'est abaissée seulement de 0°,4.

La quantité de calories émise par kilogr. et par heure est de 13 calories.

L'oxygène absorbé est de 210 c. c. par heure. L'acide carbonique exhalé est de 0 gr. 56 centigr. en une heure.

Dans cette expérience, on voit que l'élévation de la température centrale produit une augmentation de la quantité de calories émise; toutefois les rapports ne sont pas de même grandeur entre les calories produites et l'oxygène absorbé et l'acide carbonique exhalé.

Ces faits demanderaient d'ailleurs de grands développements, des expériences nombreuses, exécutées dans des conditions différentes : nous en avons déjà fait un certain nombre; mais, avant de donner des conclusions définitives, nous voulons les répéter souvent.

En résumé, la calorimétrie vient démontrer d'une manière nette que la quantité de chaleur émise à la suite de la réfrigération et de l'échauffement est plus grande qu'à l'état normal.

CONCLUSIONS.

Dans ce travail, qui résume nos nombreuses recherches relatives à l'influence du froid et de la chaleur sur les phénomènes chimiques de la respiration et de la nutrition élémentaire, nous avons eu recours à des méthodes physico-chimiques très exactes, dont plusieurs nous sont personnelles, quelques-unes inédites.

Pour rendre les expériences démonstratives, nous n'avons pas craint de les répéter un grand nombre de fois, en nous servant de la *méthode comparative*, en un mot, nous avons employé les procédés qui atteignent la plus haute précision possible, tout en nous plaçant dans les meilleures *conditions expérimentales*.

En observant rigoureusement ces règles générales, nous sommes arrivé aux conclusions suivantes, qui s'appliquent surtout aux Mammifères, en particulier au Chien.

Dans tous les cas où la température centrale de l'animal ne descend pas au-dessous de 28° à 30° ou d'un chiffre voisin, les bains froids généraux ou partiels augmentent l'absorption pulmonaire de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique; cette augmentation variable peut atteindre le double ou le triple de la quantité physiologique à un moment où la chaleur centrale est inférieure à la normale.

Lorsque la température descend au-dessous de 26° à 28° ou d'un chiffre voisin, l'absorption de l'oxygène et l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique diminuent par rapport à la normale.

L'exhalation pulmonaire de CO^2 revient à l'état physiologique ou est légèrement augmentée les jours qui suivent la prise du bain froid; il en est de même pour la température : un effet secondaire de la plus haute gravité est l'abaissement progressif de la chaleur après la sortie du bain; ce fait se produit lorsque la température centrale descend dans le bain au-dessous de 24° environ.

Une simple immersion dans l'eau froide augmente l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique.

Sous l'influence des bains froids, on observe chez le Lapin une augmentation de l'oxygène absorbé et de l'acide carbonique exhalé, pourvu que la température centrale ne descende pas au-dessous de 32°; toutefois, dans les premiers moments de l'immer-

sion froide, l'exhalation de l'acide carbonique ne subit aucune variation.

L'analyse simultanée des gaz du sang artériel et du sang veineux, la détermination du débit du sang démontrent le fait suivant : sous l'influence des bains froids, un volume donné de sang perd une plus grande quantité d'oxygène en traversant les tissus et entraîne une plus grande quantité d'acide carbonique qu'à l'état normal.

Dans toutes les expériences où la température centrale ne descend pas au-dessous de 28° environ, la nutrition élémentaire, les combustions, les oxydations, les échanges nutritifs sont exagérés par les bains froids. Au contraire, dans les cas où la chaleur centrale descend au-dessous de 28°, l'activité des échanges diminue à tel point parfois que le sang du cœur droit s'artérialise.

Tant que la température centrale ne descend pas au-dessous de 28°, les bains froids activent le renouvellement de l'air dans les vésicules pulmonaires, souvent la ventilation est doublée.

En favorisant le renouvellement de l'air à travers les poumons le bain froid augmente l'oxygénation du sang artériel; ordinairement au moment de la mort et même après, on trouve ce sang suroxygéné et ayant acquis le maximum de sa capacité respiratoire; cette suroxygénation détermine des troubles nutritifs et devient une des causes de l'hyperexcitabilité neuro-musculaire si fréquente chez les individus et chez les animaux, qui, à une période voisine de la mort par le froid, présentent des mouvements convulsifs.

Cette oxygénation du sang à la période finale prouve encore avec la dernière évidence que l'asphyxie joue un faible rôle dans la mort par le froid : celle-ci est due surtout au ralentissement nutritif, en employant une juste expression du professeur Bouchard.

Les bains froids même partiels peuvent produire la mort qui arrive en général chez le Chien au moment où la température atteint 18°, mais il est possible, en pratiquant la respiration artificielle, de prolonger la vie des animaux : dans ces conditions la chaleur centrale peut descendre à 10°, à la période agonique.

Les bains froids diminuent la quantité de sang qui traverse les vaisseaux artériels en un temps donné.

Sous l'influence des bains froids, la quantité de glycose con-

tenue dans le foie et dans le sang devient plus considérable et produit la glycosurie chez le Lapin. Telle est la règle lorsque les animaux sont refroidis assez rapidement, mais dans les cas où la réfrigération est lente, 8 à 10 heures par exemple, on voit se produire un effet opposé : le sucre commence par diminuer dans le sang, puis dans le foie. Tous ces faits ont une grande importance pour le traitement des glycosuriques.

Les *bains chauds* généraux ou partiels augmentent l'absorption pulmonaire de l'oxygène ; cette augmentation, toute proportion gardée, est inférieure à l'accroissement produit par les bains froids.

Les bains chauds augmentent l'exhalation de l'acide carbonique jusqu'à ce que la température centrale soit à 42° ou à un chiffre voisin ; vers la fin, c'est-à-dire à la phase vraiment hyperthermique, mortelle, l'exhalation diminue. L'exhalation de l'acide carbonique ne s'accroît donc pas proportionnellement à la température.

Chez le Lapin vigoureux, le bain augmente l'exhalation de CO^2; cette augmentation est plus faible que chez le Chien ou même n'existe pas; chez le Lapin affaibli ou lorsque la chaleur centrale est voisine de la température mortelle, l'acide carbonique exhalé ne subit pas de variations ou est inférieure à la normale.

Les bains chauds même partiels peuvent produire la mort assez rapidement; celle-ci arrive lorsque la chaleur centrale est à 43° ou à 44° pour le Chien.

Les bains chauds peuvent avoir la plus heureuse influence pour ranimer un animal qui se meurt par hypothermie; de là l'action bienfaisante de ces bains chez les nouveau-nés et dans une foule de circonstances pathologiques.

Les bains chauds diminuent la quantité de sang qui traverse les vaisseaux artériels en un temps donné.

Sous l'influence des bains chauds, la glycose s'accroît dans le sang, mais l'augmentation n'est pas considérable. Telle est la règle lorsque l'hyperthermie est rapide, mais dans les cas où l'hyperthermie est maintenue longtemps, la glycose du sang diminue.

Les bains chauds généraux ou partiels augmentent l'absorption de l'oxygène au niveau des tissus, en même temps le sang veineux se charge d'une plus grande quantité de CO^2 : il est donc

bien évident que les bains chauds influencent la nutrition élémentaire en doublant son activité.

Les bains à 37°,5 et à 34°,5 ne modifient guère ni la température centrale ni l'exhalation pulmonaire de CO^2; néanmoins l'absorption de l'oxygène est plus grande qu'à l'état physiologique.

Les bains à 17° et à 25° favorisent l'exhalation pulmonaire de CO^2 qui peut exhaler trois fois la quantité émise à l'état physiologique; dans ce cas la ventilation pulmonaire devient plus parfaite qu'avant le bain.

Pour l'influence des bains à 30°, la quantité d'oxygène absorbée et d'acide carbonique produite est plus considérable qu'à l'état normal; la nutrition intime est donc activée.

Les bains à 33° produisent les mêmes effets sur les gaz du sang: en un mot, ils augmentent l'activité nutritive.

Les mesures prises avec notre calorimètre démontrent que la quantité de calorie émise en un temps donné s'accroît sous l'influence des bains froids et des bains chauds; toutefois, dans les cas où le bain froid fait baisser la chaleur au-dessous de 30°, cette quantité de calorie émise subit une diminution.

Toutes ces recherches nous paraissent d'un grand intérêt pour les indications thérapeutiques des bains et pour l'étude de la chaleur animale dans ses rapports avec les phases chimiques de la respiration et de la nutrition élémentaire.

TABLE

CONTRIBUTION

À

L'ÉTUDE DE LA CALORIMÉTRIE

CHEZ L'HOMME

Par P. LANGLOIS.

AVANT-PROPOS.

Les recherches sur la production de chaleur chez l'homme par des méthodes de calorimétrie directes sont peu nombreuses, et nous n'avons jusqu'ici que les travaux de Liebermeister, de Leyden, de Kernig et d'Hatwig, dont les procédés ont soulevé de sévères critiques.

Sur les conseils de M. Charles Richet, et avec son appareil, présenté à l'Académie des Sciences sous le nom de « calorimètre à siphon », j'ai entrepris une série de recherches sur la radiation calorique de l'enfant.

Ce sont, je crois, les premières recherches de calorimétrie directe totale qui aient été faites sur l'homme.

Ce travail est loin d'être complet. J'ai dû laisser de côté certaines questions présentant cependant un grand intérêt : telles les questions des vêtements divers, de l'alimentation, des médicaments, principalement des antipyrétiques, autant de points que l'insuffisance des observations ou l'obscurité des résultats ne m'ont pas permis de traiter actuellement avec assez d'autorité et qui demandent de nouvelles recherches.

Après un court historique de la question et l'exposé de la technique de la méthode employée, j'indique dans le troisième chapitre les résultats obtenus en étudiant l'influence des causes extérieures, traitant en dernier lieu de l'influence de la taille et des modifications apportées dans la thermogénèse par quelques états morbides.

Après m'avoir inspiré l'idée de ce travail et mis à ma dispo-

sition tous les appareils nécessaires, M. Ch. Richet n'a cessé de me guider de ses conseils; je suis heureux de lui adresser ici tous mes remerciements. Mes recherches ont singulièrement été facilitées par la bienveillance de M. le professeur Grancher qui a mis à ma disposition les ressources de son service de clinique et de son laboratoire; j'ai pu ainsi poursuivre mes études sur la chaleur pendant deux années consécutives, tout en profitant de l'enseignement de ce maître dévoué.

Grâce à l'obligeance de M. Sevestre, j'ai pu combler une lacune de mon travail en étudiant les modifications de la thermogénèse chez des enfants élevés au sein. Les expériences faites aux Enfants Assistés dans le cabinet de M. Sevestre ont été poursuivies dans d'excellentes conditions et ont complété heureusement les recherches faites dans le service de M. Grancher.

I. — Historique.

L'étude de la chaleur animale date de Lavoisier. « Il était réservé, écrit M. le professeur Gavarret, à l'homme qui venait de renverser la théorie surannée du phlogistique de poser les bases inébranlables de la théorie de la respiration et de la calorification, de cette même main qui traçait en caractères ineffaçables l'immortelle monographie de l'oxygène. »

Depuis Lavoisier de nombreux travaux ont été entrepris pour déterminer la quantité de chaleur produite par les animaux.

Ces recherches peuvent être rangées en trois groupes suivant la méthode suivie.

M. Gavarret désigne, sous le nom de méthode directe, celle employée par Lavoisier (1), Dulong (2), Despretz (3), Regnault et Reiset(4), Andral et Gavarret (5), Liebermeister, Fredericq(3), etc., ayant pour objet de calculer la chaleur produite par l'être vivant d'après la quantité d'acide carbonique exhalée.

Ces recherches très nombreuses, exécutées à l'aide d'appareils variés et par des expérimentateurs habiles, ne semblent pas de-

(1) Lavoisier, *Œuvres complètes*, t. II, p. 283.
(2) Dulong, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. I, p. 440.
(3) Despretz, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXVI, p. 327.
(4) Regnault et Reiset, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXVI, p. 299.
(5) Andral et Gavarret, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. VIII p. 129.

voir conduire au but cherché : la quantité de chaleur produite en un temps donné.

C'est l'opinion de M. le professeur Regnault (4) qui, dans un mémoire à l'Académie des Sciences, s'exprime ainsi : « L'acide carbonique exhalé n'est pas seul à mesurer l'énergie des oxydations de l'organisme. On ne peut par ce moyen se rendre compte de la chaleur produite. Le phénomène est beaucoup plus complexe : tout mouvement se traduit par de la chaleur, toute action chimique donne de la chaleur ou du froid, tout passage dans le sang des aliments qui se liquéfient change encore la température. Il ne faut donc pas chercher une mesure de la chaleur engendrée dans le calcul de l'acide carbonique formé.

La deuxième méthode, appelée indirecte par M. Gavarret a été employée par Boussingault (5), Liebig (6) et Barral (7). Cette méthode consiste à prendre un animal soumis à une ration d'entretien telle que son poids reste sensiblement constant pendant toute la durée de l'observation et à noter exactement la quantité de calories représentée par ses ingesta d'une part, ses excreta de l'autre. La différence indiquant le nombre de calories utilisées par l'animal pour maintenir sa température constante.

Ce procédé soulève encore de nombreuses objections :

Le coefficient de chaleur spécifique des aliments et des produits excrémentitiels est loin d'être établi d'une façon rigoureuse. Les chiffres donnés par Frankland (8), Zuntz (9), Danilewsky (10) ne concordent pas entre eux.

Il est difficile de réaliser la ration d'entretien et de pouvoir assurer que l'état final de l'animal en expérience est identique à son état initial. Il se produit dans l'organisme une série de réactions chimiques : réduction, deshydratation, fermentations, toutes accompagnées d'un dégagement ou d'une absorption de

(1) Liebermeister, Fredericq, etc., bibliographie dans le cours du mémoire.
(2) Regnault, *Théo. de la chal. anim. Mémoire à l'Acad. des Sciences*, 1872.
(3) Boussingault, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. LXXI, p. 113; t. XI, p. 443.
(4) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiologie*.
(5) Barral, *Ann. de Chimie et de Physique*, t. XXV, p. 129.
(6) Frankland, *in Revue Scientifique*, 1867, p. 81.
(7) Zuntz in Hoppe-Seyler, *Physiol. Chemie*, p. 949.
(8) Danilewsky, *Jahresbericht für Thierchemie*, 1881, p. 7; *Kraftvorrath der Nahrungsstoffe; Arch. de Pflüger*, t. XXXVI, p. 230-252; *Analyse in Revue des travaux slaves*, 1885, p. 7.

chaleur et dont les produits peuvent en se substituant à d'autres se fixer définitivement.

Après ce rapide aperçu des études faites à l'aide des deux premières méthodes, il convient de rappeler les recherches entreprises en vue de calculer directement la quantité de chaleur émise.

La première expérience fut faite par Crawford (1) en 1779, c'est-à-dire un an avant le travail de Lavoisier. L'animal est placé dans un manchon d'eau qui s'échauffe par la radiation calorique. Les résultats très différents de ceux trouvés depuis indiquent des imperfections considérables dans la méthode, mais si défectueuses que fussent les données numériques elles avaient conduit le chimiste anglais à cette idée toute nouvelle alors que : la chaleur animale est analogue à un phénomène chimique : en 1780 Lavoisier et Laplace communiquaient à l'Académie des Sciences leur expérience de calorimétrie faite sur un cochon d'Inde. L'animal était placé dans une enceinte remplie de glace. Le poids de la glace fondue indiquant la quantité de chaleur fournie par l'animal, étant connu la chaleur de fusion de la glace. En 10 heures le cochon d'Inde détermina la fusion de 13 onces de glace (397 gr. 8), mais Lavoisier reconnut que ce chiffre était trop fort « parce que les extrémités du corps de l'animal se sont refroidies dans la machine, et les humeurs que la chaleur a évaporées, ont fondu, en se refroidissant, une petite quantité de glace et se sont réunies à l'eau qui s'est écoulée de la machine ». Lavoisier et Laplace évaluent à 2 onces et demie la correction nécessaire, ce qui fait 322 gr. 7 la quantité de glace fondue par le cobaye.

En 1823 Dulong et Despretz tout en s'attachant principalement à mesurer la quantité d'acide carbonique exhalée, prennent quelques mesures de calorimétrie directe en plaçant l'animal en expérience dans une double enceinte métallique remplie de liquide. L'élévation de température de ce liquide (de l'eau dans l'appareil de Dulong et du mercure dans celui de Despretz) devant indiquer la chaleur cédée par l'animal.

Depuis cette époque un certain nombre d'expériences ont été entreprises sur les animaux.

(1) Crawford. *Experiments and observations on animal heat*, etc., 1769, cité in Richet : *Recherches de calorimétrie.*

M. Senator (1) a cherché, comme les physiologistes précédents, à mesurer simultanément la chaleur dégagée et l'acide carbonique exhalé. Les chiens sont enfermés dans une caisse de 70 litres de capacité environ. Cette caisse est placée dans un bain-marie rempli de 140 litres d'eau à 25°. enfin ce bain-marie est renfermé dans une troisième enceinte entourée d'ouate.

M. Rosenthal propose d'obtenir un calorimètre à température constante à l'aide d'un appareil à double enceinte dans laquelle est un liquide entrant en ébullition à une assez basse température (éther sulfurique 35°, aldehyde 21°).

M. Desplats a utilisé en le modifiant l'appareil de Despretz. Ces recherches ont porté principalement sur des animaux de petites tailles (2).

M. d'Arsonval (3) a obtenu un calorimètre à température constante à l'aide d'un régulateur des plus ingénieux et dont les applications multiples me dispensent de donner le dispositif. Ce calorimètre permet de faire des observations d'une très longue durée et de déterminer, sans amener de perturbations dans l'appareil lui-même, des modifications diverses sur l'animal.

Les expériences nombreuses de M. Wood (4) sur les chiens et les lapins ont été faites avec un calorimètre à eau dans le genre de celui de Despretz et de Senator.

Nous avons cité rapidement ces tentatives qui ont toutes été faites sur des animaux, mais nous devons nous étendre plus longuement sur les expériences de Liebermeister et ses élèves Kernig et Hattwig (5) entreprises sur l'homme sain et l'homme malade. Ces recherches ont été faites par la méthode des bains et s'appuient sur la possibilité de connaître la production de chaleur en augmentant ou diminuant la perte. De là deux procédés, celui des bains froids et celui des bains chauds, établis d'après les principes suivants :

(1) Senator. *Arch. für Anat. und Phys.*, 1872, p. 1.

(2) Desplats. *Jour. d'Anat. et de Physiol*, mai 1886.

(3) D'Arsonval. *Travaux du laboratoire de M. Marey*, t. IV, p. 387.

(4) Wood. *Fever*, etc. (*Smithsonian Institution*. Philadelphie, 1880).

(5) Liebermeister. *Deutsch Arch.*, p. 217, *Analyse in* Lorain; *Études de médecine clinique*, t. I, p. 434. — Kernig. *Contribution à l'étude de la régulation de la chaleur*. Thèse inaug. Dorpat, 1864. — Hattwig. *Causes de l'élévation de température dans les fièvres*. Thèse. Berlin, 1869.

I. — *Quand un corps demeure pendant un certain temps à la même température et qu'en même temps il se trouve dans les mêmes conditions de chaleur il doit reproduire autant de chaleur qu'il en perd. Si nous déterminons la chaleur perdue, nous connaîtrons la chaleur produite.*

II. — *Lorsqu'un corps susceptible de produire de la chaleur est placé dans des conditions extérieures telles (bain maintenu à la température du corps) qu'il ne reçoit ni ne perd de la chaleur pendant un certain temps, la quantité de chaleur qu'il crée est égale au produit des trois facteurs : 1° l'élévation de la température du corps, 2° le poids du corps, 3° sa capacité calorifique.*

$$C = T' - T \times P \times Pp.$$

Kernig a fait toutes ses observations sur lui-même et trouve les chiffres suivants :

De nov. à janv. . .	Poids 57 kilog.	1,320 calories.	
De janv. à fév. . .	— 55,7 —	1,290	—

Le chiffre de Liebermeister est plus élevé, 1,800 calories.

Hattwig a employé la même méthode, ses observations portent sur des fébricitants, nous reviendrons sur ces chiffres en partant des modifications dans la production de chaleur pendant la fièvre.

M. Winternitz (1) a fait de la méthode des bains une critique très fondée. Après avoir attaqué les principes mêmes sur lesquels s'appuie la méthode, il montre la difficulté de connaître exactement la température moyenne d'une masse d'eau de 300 litres.

D'autre part, Liebermeister et ses élèves admettent que chaque point du corps a acquis dans l'unité de temps la même température que l'endroit où le thermomètre est appliqué. Cette hythèse est toute gratuite et ne saurait tenir contre ce simple fait que deux thermomètres identiques ne donnent pas les mêmes chiffres pour les deux aisselles.

M. Leyden (2) a borné ses recherches à des observations de

(1) Winternitz. *Influence des fonctions de la peau sur la température du corps. Medic. Jahrbericht de Stricker*, 1875.

(2) Leyden. *Unters. uber das Fieber* (*Deutsch. Arch.* t. V, 1869, p. 273).

calorimétrie locale à l'aide d'un manchon de cuivre rempli d'eau et où l'on introduisait la jambe ou le bras de l'individu en expérience. L'élévation de température de l'eau indiquait la quantité de chaleur dégagée par la partie du corps incluse dans l'appareil. Les causes d'erreurs sont encore considérables, et il existe des compensations locales qui peuvent se faire en des endroits très divers et qui interdisent complètement de déduire des chiffres obtenus, la quantité totale des calories dégagées.

MM. Sapalsky et Klebs (1) en 1871 avaient calculé la chaleur dégagée par des cobayes en mesurant l'élévation de température de l'air renfermé dans un espace confiné. Mais l'étude de la calorimétrie par rayonnement ne date que de l'année 1884.

Dans toutes les mesures calorimétriques que nous venons de passer en revue, les auteurs ont cherché à calculer la quantité de chaleur émise en mesurant soit l'élévation de l'eau du calorimètre (Dulong, Despretz, Sénator, Wood), ou du bain (Liebermeister, Kernig, Hattwig), soit en prenant le poids de glace fondue (Lavoisier et Laplace). La chaleur spécifique de l'eau étant relativement considérable, une erreur même faible dans la lecture des températures entraîne une erreur assez forte dans l'évaluation des calories dégagées ou fournies par l'animal. L'air au contraire a une chaleur spécifique très faible et il était très naturel d'utiliser cette propriété dans les mesures calorimétriques. La calorimétrie à air est cependant de date récente.

MM. Ch. Richet et d'Arsonval étudiant tous deux à la même époque et indépendamment l'un de l'autre la chaleur animale imaginaient et présentaient dans la même séance de la Société de Biologie (30 nov. 1884) leur calorimètre à air. Le principe est identique, la méthode de mensuration seule diffère (2).

M. d'Arsonval mesurait la dilatation de l'air à l'aide d'un manomètre compensateur, il a depuis modifié son appareil et dans

(1) Sapalsky et Klebs, cités dans le *Jahresberichte de Hoffman et Schwalbe*, 1872, p. 185.

(2) M. Masje, de Mohilew, a fait une série de recherches sur l'irradiation calorique de l'organisme chez l'homme à l'aide d'appareils analogues à ceux de Svanberg et de Bauer. Chaque division de l'échelle galvanométrique correspondant à une irridiation de 0,00001 micro-calorie par seconde pour une superficie de 1 cent. carré. Nous donnons ces résultats dans les différentes parties de cette étude.

Masje. *L'irrad. du calorique chez l'homme. Arch. de Virchow*, t. CVII. Nous devons l'analyse de ce travail (faite pour les *Arch. slaves de biologie*) à l'obligeance de notre ami M. de Kervilly.

la séance du 5 avril 1886 il présentait à l'Académie des Sciences son enregistreur automatique qui permet de négliger les modifications de l'air extérieur (1).

L'appareil se compose de deux calorimètres semblables en communication avec deux cloches légères suspendues à chaque extrémité d'un fléau de balance et plongeant dans l'eau; le fléau porte une plume inscrivant sur un cylindre vertical.

Si un calorimètre reçoit de la chaleur l'air en se dilatant soulève la cloche correspondante. Si la source de chaleur agit également sur les deux réservoirs, les cloches se font équilibre et le fléau reste immobile. Les variations de température et de pression sont ainsi annulées.

J'ai utilisé cet appareil pour étudier les modifications apportées dans la radiation calorique par la section de la moelle à différentes hauteurs chez les lapins et les cobayes; recherches qui feront l'objet d'un mémoire spécial que je compte publier prochainement. Mais ses dimensions ne permettent pas de l'appliquer à l'étude de la chaleur humaime et toutes mes observations sur les enfants ont été faites avec le calorimètre à siphon de M. Ch. Richet.

II. — Technique.

Toutes mes observations sur les enfants ayant été prises avec l'appareil de M. Ch. Richet, je crois devoir citer les passages de son mémoire où il décrit cet appareil et la technique des expériences (2) :

« L'appareil que j'ai imaginé et employé est fondé sur le principe suivant :

Si un animal est enfermé dans une enceinte à double paroi, la chaleur rayonnante émise par lui va échauffer la double paroi qui l'entoure; alors l'air qui y est contenu va s'échauffer et par conséquent se dilater. De sorte que pour mesurer la chaleur émise, il suffira de mesurer la dilatation de l'air contenu dans la double enceinte. On voit de suite que cette mesure est beaucoup

(1) D'Arsonval. *Bul. Acad. des Sciences*, 4 avril 1886.

(2) Ch. Richet. — Recherches sur la calorimétrie (*Arch. de physiol.* — 30 sept. 1885, page 237).

plus précise et plus sensible que la mesure thermométrique de l'air : d'abord parce qu'il est toujours difficile de mélanger intimement une quantité d'air tant soit peu volumineuse, de manière à connaître exactement sa température; ensuite parce que les changements de volume du gaz, par la température sont tellement supérieurs à ceux du mercure que la masse d'air enfermée dans la double enceinte constitue un thermomètre d'une sensibilité évidemment bien supérieure à celle de tout thermomètre à mercure quel qu'il soit.

Ainsi dans notre calorimètre, la mesure de la chaleur cédée par l'animal se fait par la dilatation de l'air ambiant. C'est en quelque sorte un vaste thermomètre à air, thermomètre périphérique qui totalise la chaleur rayonnante émise par l'animal.

Pour mesurer la dilatation de l'air on peut adapter un manomètre; et c'est le procédé qu'a employé M. d'Arsonval. J'avais essayé aussi le manomètre; mais sa sensibilité ne m'avait pas paru suffisante. Car, les volumes étant en raison inverse des pressions, la pression croît tellement vite que l'élévation de la colonne liquide devient bientôt très faible, et que quelques millimètres répondent à une température notable, précisément celle qu'il est important de connaître. Il y a donc cet inconvénient à la mesure manométrique, que les élévations de température de la fin de l'expérience sont, quoique étant les plus importantes celles-là même qui déterminent la plus petite ascension de la colonne manométrique. J'ai employé l'artifice suivant, qui évite cette augmentation de pression et qui permet d'inscrire la dilatation de l'air, indépendamment de tout accroissement de pression.

Si l'air, en se dilatant, est amené à la surface d'un grand vase hermétiquement clos, rempli de liquide avec un siphon amorcé, la moindre augmentation de pression fera écouler l'eau du siphon et la quantité d'eau qui tombera sera précisément égale en volume à la dilatation de l'air.

Pour que la pression soit tout à fait nulle, le liquide du vase clos est en communication avec un tube en verre recourbé, à air libre, disposé en forme de siphon et monté sur une crémaillière graduée en millimètres. On établit le niveau exact, de telle sorte que l'eau ne coule pas, mais que la moindre augmentation

de pression la fasse couler. Il est bon que l'eau du tube forme une sorte de menisque convexe dépassant le niveau de section du tube en verre, Dans ces conditions, la sensibilité de l'appareil est extrême, puisqu'une allumette, en brûlant au centre de la boule, dégage assez de chaleur, c'est-à-dire dilate suffisamment l'air de l'enceinte, pour qu'il s'écoule alors 5 à 6 centimètres cubes. Un lapin de 3 kilogrammes, en une demi-heure, fait tomber plus de 100 centimètres cubes.

Si l'on recueille dans une éprouvette graduée l'eau qui s'écoule, on mesure exactement la dilatation de l'air du récepteur calorimétrique, dilatation qui est égale en volume à la quantité d'eau qui est tombée. Ainsi le volume d'eau tombée mesure la dilatation, et, comme la dilatation mesure la chaleur le volume d'eau tombée mesure exactement la chaleur cédée au récepteur.

On voit que cet appareil est en somme un thermomètre à air qui recueille toute la chaleur cédée par l'animal. L'ascension de la colonne thermométrique étant représentée par la chute d'eau, la chute doit s'arrêter quand l'équilibre est atteint, ce qui répond à l'équilibre d'une colonne thermométrique.

L'élément essentiel de cet appareil, c'est qu'il travaille à pression nulle, condition absolument nécessaire pour que la sensibilité soit suffisante. Cette pression nulle s'obtient en ramenant toujours le siphon au niveau exact de l'eau du vase clos.

Pour cela, le dispositif suivant a été employé :

Le siphon est placé sur une vis à crémaillère pouvant être élevée ou abaissée. Un cran répond, je suppose, à un millimètre; par conséquent, en abaissant le siphon d'un cran, on abaisse de 1 millimètre le niveau de l'eau.

Par suite de la dilatation, une certaine quantité d'eau est tombée; alors il faut abaisser le siphon d'une quantité proportionnelle. Je suppose que la quantité d'eau tombée soit de 30 centimètres cubes pour une diminution de niveau de 1 millimètre, il s'ensuit que, chaque fois qu'on aura un écoulement d'eau de 30 centimètres cubes, il faudra abaisser d'un cran le siphon. Alors le niveau restera le même, et l'appareil ne travaillera pas sous pression.

Évidemment la quantité d'eau qui répond à un millimètre de hauteur est proportionnelle à la surface de section du vase clos,

et on comprend qu'il y a intérêt à donner à ce vase les plus grandes dimensions possibles pour que l'appareil travaille constamment avec une pression minimum. Si faible que soit cette pression de 1 millimètre d'eau, elle est encore très appréciable à cause de la sensibilité de l'appareil, et il faut en tenir grand compte.

Pour des expériences calorimétriques sur les enfants, j'ai fait construire un autre appareil en cuivre ayant une capacité d'environ 1 mètre cube et demi d'air. La paroi extérieure est assez épaisse; la paroi intérieure, au contraire, est très mince.

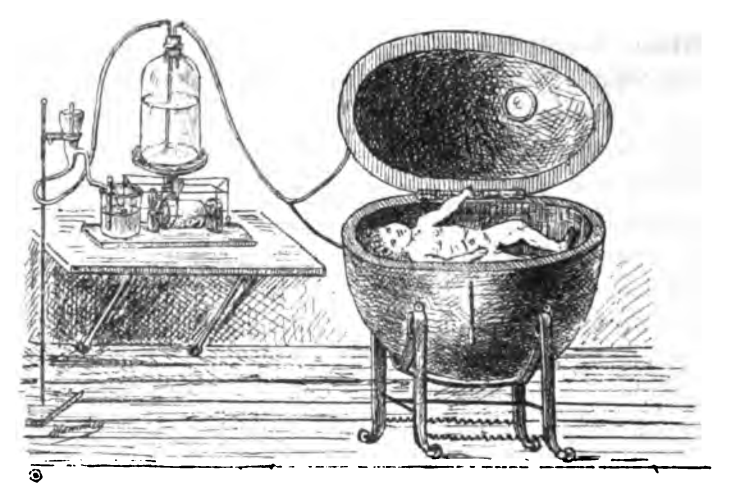


FIG. 1. — *Œuf calorimétrique* avec l'appareil enregistreur en fonction du poids de l'enfant (1).

L'appareil est à charnière, et le couvercle supérieur comme le récipient inférieur sont, par un caoutchouc, en communication avec le vase clos. La fermeture n'est pas hermétique, de sorte qu'il n'y a aucun danger d'asphyxie, d'autant plus que, dans le bas sont deux ouvertures par où peut se faire la circulation de l'air, ce qui d'ailleurs, n'a aucun inconvénient pour la sensibilité de l'appareil, car c'est une quantité tout à fait minime relativement au reste de la surface. Au centre de cet œuf de cuivre est un support sur lequel est placé un coussin, lequel peut servir de couchette pour l'enfant soumis à l'observation.

On comprend aussi que le récepteur calorimétrique peut varier; le principe sera toujours le même, c'est-à-dire la dilatation

(1) P. Langlois. *La chaleur animale, in science pour tous*, 17 mai 87.

de l'air ambiant mesurée par l'écoulement d'eau d'un siphon, exactement amorcé.

La correction thermométrique a une très grande importance et mérite qu'on s'y arrête avec détails. Je laisse de côté la correction barométrique, attendu qu'en une heure ou une heure et demie les changements de pression sont assez faibles pour être absolument négligeables.

Mais le volume des réceptions est assez considérable pour que la température exerce une influence importante.

Comme la mesure du volume de l'air qui est dans le récepteur ne peut guère être faite directement, je la détermine précisément par la dilatation que le gaz subit par la chaleur.

Pour l'œuf de cuivre la dilatation pour 136/25ᵉ de degré a été de 482 centimètres cubes, soit pour 1/25ᵉ de degré 3cc 5.

Il suit de là — et c'est une remarque fondamentale — que, pour faire de très bonnes observations, il ne faut pas avoir de notables corrections de température à faire. Plus la température du milieu ambiant est fixe, plus l'observation sera juste. Et cela est nécessaire, non seulement pendant la durée de l'observation, mais pendant la demi-heure ou l'heure qui précède.

L'erreur est d'autant plus grave que l'appareil de cuivre s'échauffe beaucoup moins vite que le thermomètre, et que, si l'on fait exactement toute la correction que le thermomètre indique, on se trompe d'une quantité tout à fait inconnue et qui est peut-être considérable.

Mais on peut, avec certaines précautions, maintenir une température presque tout à fait constante.

Notons aussi que, quand la température monte ou descend régulièrement, l'observation peut être très bonne; car, si le récepteur de cuivre ne suit que lentement les variations thermiques, il les suit cependant exactement. Si la température croît de 1/25ᵉ de degré par cinq minutes pendant deux heures, il faut faire très régulièrement la correction. Ce qui est mauvais pour l'observation précise, ce sont les variations brusques et en sens différents, variations qui peuvent affecter le thermomètre sans affecter la boule de cuivre.

Pour déterminer la constante, le principe utilisé est le suivant :

« Étant donnée une masse d'eau de quantité connue, le rayonnement de cette masse d'eau, c'est-à-dire sa perte de chaleur

peut être calculée très exactement. Un litre d'eau, par exemple, est placé dans le récepteur à 43°, au bout d'une heure il a perdu 6°, soit 6,000 calories, ces 6,000 calories ont amené la chute d'une certaine quantité d'eau, et le rapport de la quantité d'eau écoulée avec la quantité de chaleur cédée, donne la valeur en centimètres cubes et en calories. »

M. Richet avait trouvé pour l'œuf les chiffres moyens suivants :

Avec coussin.	57
Sans coussin.	48

Mes observations ont été poursuivies pendant deux ans, et dans des endroits différents : laboratoire de M. le professeur Grancher, cabinet du chef de clinique, cabinet de M. Sevestre aux Enfants Assistés.

J'ai ajouté, dans certains cas, un caoutchouc pour préserver le coussin de l'urine. J'ai dû, dans chaque circonstance, recommencer à déterminer l'équivalence du centimètre cube, et c'est d'après ces chiffres, recherchés un grand nombre de fois, que j'ai calculé les quantités de calories.

J'ai employé plusieurs fois un moyen de contrôle particulier : on introduit dans le calorimètre deux lapins du même poids et on calcule la quantité de calories fournies par ces animaux, en prenant pour équivalent calorique du centimètre cube d'eau le chiffre donné par les expériences avec l'eau, si ce résultat concorde avec ceux fournis par les autres appareils, on a ainsi une nouvelle garantie, car d'après les observations faites par de nombreux expérimentateurs, on peut admettre comme rigoureusement fixé le chiffre de calories dégagées par des lapins de poids donné et placés dans des conditions déterminées.

Détermination de la constante avec un poids d'eau donné.

Nos des observations.	Tempér. de la pièce.	Endroit ou l'observation a été prise, et conditions diverses.	Poids de l'eau et du vase (en eau).		Températ. de l'eau.	Calories cédées.	Centimèt. cubes écoulés.	Rapport.
2	15	Laboratoire.......	9 k.	656	40.8 / 37.2	34,761	552	63
9	17	—	10	100	39.8 / 36.2	36,360	610	59
22	17	Cab. du chef de clin.	8	124	39.9 / 37.0	23,559	386	61
35	14	—	4	860	42.9 / 37.2	27,702	410	67
		(Avec caoutchouc.)						
36	15	—	5	105	40.7 / 37.3	17,357	251	69
37	16	—	5	120	41.2 / 37.1	20,992	303	66
45	15	—	6	114	38.4 / 35.6	14,319	213	67
150	30	Cab. de M. Sevestre.	2	764	46.0 / 39.5	17,940	210	69
		(Modific. dans le coussin.)						
150	16	—	3	100	45.5 / 38.7	20,925	280	74
102	25	—	3	050	41.0 / 36.8	12,810	188	68
163	21	—	3	110	40.0 / 35.5	13,990	202	69
	23	—	3	125	40.2 / 35.6	14,395	214	67
	16	—	3	100	40.4 / 36.0	13,662	204	67

Expériences de contrôle avec des lapins.

Nos des observations.	Endroit ou l'expérience a été faite.	Poids.			Température extérieure.	Cent. cubes d'eau écoulées.	Cent. cubes par kilogr.	Calories calculées avec 67 pr constante.
66	Cab. du chef de clin.	2,750 / 2,500	5 k.	250	16	295	56.0	3,752
71	—	2,850 / 2,475	5	325	17	290	54.0	3,618
146	Cab. de M. Sevestre.	1,900 / 2,150	4	050	15	218	54.5	3,650
147	—	1,875 / 2,175	4	050	15	227	56.7	3,800
148	—	1,850	»		15	119	64.4	4,310

La disposition de l'inscription graphique est celle indiquée par

M. Richet. L'eau en tombant dans un vase de dimension donnée, soulève un flotteur qui actionne un chariot inscripteur tendu par un poids.

Dans le but d'avoir des courbes comparables pour des animaux de poids différents, M. Richet a proposé de modifier la vitesse du cylindre enregistreur. J'ai préféré faire varier la capacité du vase recevant l'eau, de telle sorte que pour des enfants de 6 kilog. et de 3 kilog., par exemple, le rayon du vase pour un enfant de 6 kilog. étant R., celui pour un enfant de 3 kilog. sera $= \frac{R\sqrt{2}}{2}$

Il suffit d'introduire dans le vase récepteur une série de cylindres verticaux de dimension déterminée pour obtenir la valeur de h, c'est-à-dire le déplacement du flotteur en fonction du poids. Cet appareil n'a été employé que dans quelques cas, s'il permet de représenter une série de graphiques faciles à lire, les courbes données ne comportent pas les corrections dues aux variations de l'air extérieur.

Le calorimètre à air par rayonnement n'est pas à l'abri des objections, et l'un des auteurs de cette méthode, M. d'Arsonval (1) en a fait une critique très serrée. Les objections et les critiques sont de plusieurs ordres :

1° *Les variations de la température extérieure.* — Il suffit en effet d'oscillations très faibles dans la température extérieure pour modifier la pression de la double enceinte. L'expérience a montré que pour l'œuf calorimétrique une élévation de température de 1/25e de degré déterminait la chute de 3 centimètres cubes d'eau. Mais cette cause d'erreur peut être en partie corrigée, soit, comme l'a fait M. d'Arsonval, avec un calorimètre compensateur, décrit dans le chapitre précédent, soit en tenant compte dans les calculs des modifications de température de la pièce, comme l'indique M. Richet dans le passage cité.

Il est généralement possible de se placer dans des conditions de tranquillité thermique telles que ces corrections ont peu d'importance.

2° *Les modifications dans le pouvoir émissif de la surface du calorimètre.* — Ces modifications sont peu importantes, car il est toujours facile d'entretenir la surface de l'appareil dans le même

(1) D'Arsonval. *Bul. Société de Biologie*, 17 décembre 1884.

état, et par suite de maintenir son pouvoir émissif constant. Mais les variations viendraient-elles à se produire, il serait toujours facile d'obtenir des mesures comparables en modifiant, s'il y avait lieu, le coefficient calorique du centimètre cube d'eau écoulé.

3° *La trop grande durée du temps nécessaire pour prendre une mesure calorimétrique.* — La mesure calorimétrique ne peut être faite, en effet, qu'au moment ou l'équilibre est établi entre les quantités de chaleur reçue par le calorimètre d'une part et celles rayonnées par lui. Cet équilibre ne se produit avec l'œuf calorimétrique muni de son coussin qu'au bout d'une heure environ, il est donc impossible de saisir les modifications passagères qui peuvent se présenter dans la déperdition du calorique. C'est là certainement un grave défaut de l'appareil, limitant son emploi, mais qui n'avait aucune importance, étant donné le caractère de nos recherches.

Le calorimètre à siphon est un appareil à maximum, non susceptible d'indiquer s'il se produit à un moment donné de l'expérience une diminution dans la déperdition de calorique.

Par la disposition du siphon, on comprend que le liquide une fois tombé, ne peut plus, si le calorimètre se refroidit, rentrer dans le flacon et le refroidissement ne sera indiqué que par l'arrêt de l'écoulement d'eau et une ligne horizontale sur le tracé. Cet inconvénient qui rend impossible l'étude des variations produites dans un long espace de temps, était peu sensible dans mes observations forcément limitées quant au temps par la nature même du sujet en expérience, le calorimètre me donnant, seul point en question, le maximum de calorique dégagé en une heure.

4° *La formation d'un milieu artificiel autour de l'enfant.* — Quoique la calotte supérieure étant rabattue sur l'inférieure, la fermeture ne soit pas hermétique, l'enfant se trouve dans un milieu confiné qui subit des modifications au triple point de vue de la chaleur de l'état hygrométrique, des variations dans la composition chimique de l'air, et il est impossible d'éviter complètement la formation de ce milieu. Mais en prenant des jeunes sujets de petites tailles, les modifications sont peu sensibles, c'est ainsi que la température de l'œuf s'élève à peine de 2 à 3° au-dessus de la température extérieure, pour un enfant de 7 kilogrammes.

L'état hygrométrique subit des variations plus importantes, l'hygromètre employé (1) indiquait un écart de 10 à 12 degrés. Ce n'est pas là un chiffre considérable, la vapeur d'eau exhalée vient en effet suivant le *principe de la paroi* froide se condenser en partie à la surface interne de l'appareil, restituant ainsi au calorimètre la chaleur enlevée à l'enfant par évaporation. Quant aux modifications dans la composition de l'air, je n'ai fait à ce sujet aucun dosage mais l'enfant n'était nullement gêné en sortant de l'appareil et les expériences faites avec des bougies ou des veilleuses ont montré qu'il fallait un certain temps (40 minutes pour les grosses bougies) pour voir ces corps s'éteindre.

5° *La mensuration de la dilatation de l'air contenu dans la double enceinte permet-elle de déduire la quantité totale de calories dégagée pendant une heure par la source de chaleur placée dans le calorimètre?*

Cette question d'une très grande importance, puisque toutes ces recherches reposent sur elle, peut être résolue nettement par l'affirmative.

On peut en effet quand on fait les essais avec une grande masse d'eau à une température peu élevée, 37 à 40° admettre que la quantité de chaleur émise aux divers moments des expériences est à peu près constante, le refroidissement étant très lent, il existe donc une analogie presque complète entre cette source de chaleur et le corps de l'enfant. Or si dans une observation d'une heure, un enfant détermine la chute de 500 centimètres cubes d'eau et qu'il en soit de même, 10 kilogs d'eau se refroidissant de 3°,35, c'est-à-dire cédant 33,500 calories dans le même espace de temps et les temps étant comptés à partir de la même origine, on est en droit de conclure logiquement que l'enfant dans le même espace de temps a dégagé la même quantité de chaleur, toutes les causes d'absorption et de pertes étant égales.

A ce raisonnement par simple analogie, je crois devoir ajouter un raisonnement rigoureusement mathématique, indiquant qu'on peut légitimement introduire dans les calculs la *fonction temps*.

Considérons une source de chaleur qui se dépense uniformément avec le temps, placée à l'intérieur du calorimètre. — Cette quantité de chaleur met un certain temps pour établir le régime

(1) Hygromètre Ducretet.

d'équilibre de température de l'air de la double enceinte. — Cet équilibre n'est, en effet, atteint que lorsque la quantité de chaleur cédée par le corps chaud est égale à celle qui est perdue par rayonnement. Avant cet état d'équilibre, la température de l'air est variable; elle est représentée par le volume d'eau qui tombe à chaque instant, quantité qui est indiquée par l'appareil enregistreur. — Soient :

t, le temps nécessaire à l'établissement de l'équilibre de température;

v, le volume d'eau tombée, qui ne varie plus;

Q, la quantité de chaleur dépensée depuis l'origine jusqu'à T. D'après l'hypothèse d'une dépense uniformément répartie avec le temps, l'unité de volume d'eau tombée représentera :

$$\frac{Q}{vt} \text{ calories dans l'unité de temps.}$$

Si l'expérience a lieu pendant un temps : T, la quantité totale de chaleur cédée sera donc :

$$\frac{Q}{vt}T$$

Mais il ne faut pas oublier que cette formule ne sera applicable qu'à la condition de prendre pour *V la valeur constante déterminée par la région d'équilibre.*

J'étudierai maintenant le cas où l'on n'attendrait pas que cet état d'équilibre soit établi, — en d'autre terme, dans le cas où l'on voudrait déterminer la quantité de chaleur dépensée à l'intérieur du calorimètre en se servant du volume d'eau variable qui caractérise l'établissement du régime d'équilibre thermique.

Si je désigne par y la dilatation variable de la double enceinte à chaque instant, je peux la considérer comme une fonction du temps — $y = f(t)$ —.

La quantité de chaleur dépensée à l'unité de temps, quantité que j'ai admise avec motifs, constante, sera donc définie par toutes les valeurs de cette fonction, comprise entre les limites de temps d'expérimentation. Je devrai donc substituer à cette valeur variable $f(t)$ une quantité moyenne, qui représentera le volume d'eau correspondant à la perte de chaleur dans les mêmes limites

de temps. — Il est évident que cette valeur moyenne a pour expression :

$$Y = \frac{\int_t^T f(t)\, dt}{T - t}$$

T et t étant les limites supérieure et inférieure de temps entre lesquelles on veut mesurer la perte de chaleur.

Ainsi le volume Y représentera entre les limites T et t de la période variable la quantité de chaleur uniformément perdue. Si q représente cette dépense de chaleur dans l'unité de temps, la perte dans le temps $(T - t)$ sera $q\,(T - t)$, et, dans ce cas, le centimètre cube d'eau représentera une quantité de chaleur de :

$$\frac{q\,(T - t)^2}{\int_t^T f(t)\, dt}$$

On voit donc nettement, d'après cette formule, que le temps intervient dans les mesures, et on peut donc dire en résumé que le centimètre cube d'eau écoulée ou que, ce qui revient au même, l'unité de dilatation de l'air de la double enceinte représente en général *une quantité de chaleur variable qui tend vers une certaine limite constante.*

Il est inutile d'ajouter qu'il est préférable de s'assurer que cette limite est atteinte pour déterminer les quantités de chaleurs perdues par l'animal ou l'enfant en expérience.

La concordance des chiffres obtenus par cette méthode avec ceux donnés à l'aide des divers procédés exposés précédemment, vient encore confirmer ce raisonnement.

Ce sont là, je crois, toutes les critiques qui ont été formulées contre le calorimètre à siphon, malgré le bien fondé d'un certain nombre; on voit qu'avec des précautions minutieuses, on peut éviter les causes d'erreur et se placer dans des conditions autrement favorables pour étudier la production normale de calorique, que n'étaient Liebermeister et ses élèves avec leur méthode dite des bains chauds ou froids.

Je crois utile d'indiquer les plus petits détails des observations, ils ont tous leur importance, et nombre d'expériences n'ont pu être utilisées, parce que toutes les précautions n'avaient pas été prises.

L'enfant choisi pour l'observation calorimétrique était introduit

dans l'appareil nu ou habillé. Dans le premier cas, l'enfant était amené de la salle entouré d'une couverture, déshabillé dans la pièce et restait ainsi quelque temps. (La température de la pièce dans ce cas était toujours élevée, 17 à 24°.) On prenait sa température rectale et axillaire, quelquefois une ou deux températures locales avec le thermomètre de contact soit de M. Peter, soit de M. Constantin Paul (1). Quand l'observation portait sur un enfant habillé, on prenait la précaution de lui mettre les vêtements qui devaient le couvrir, bonnet, brassière et couverture de laine légère (800 gr.) une demi-heure ou trois quarts d'heure au moins avant l'expérience. La température rectale, et quelquefois la température axillaire étaient prises en prenant des précautions nécessaires pour ne pas découvrir l'enfant. Soit qu'il fût sans vêtement ou habillé, l'enfant n'était généralement pesé qu'après l'observation.

Tout étant prêt pour l'observation le calorimètre était mis en communication avec le réservoir d'eau, la température et l'heure notées exactement, l'enfant était couché sur le coussin placé dans l'œuf et la calotte supérieure rabattue. Grâce au hublot disposé dans la paroi, le petit sujet ne se trouvait pas plongé dans l'obscurité, et par suite n'était pas trop effrayé. Les enfants se comportaient très diversement dans l'œuf. Les très petits de 10 jours à 6 mois complètement indifférents devaient trouver peu de changement entre l'œuf et leur couveuse. Ceux plus âgés de 6 mois à 18 mois, 2 ans, criaient et s'agitaient généralement pendant tout leur séjour dans l'œuf; quant aux plus âgés si la première observation faite sur eux les effrayait un peu, ils s'habituaient très rapidement, les bonbons et les jouets suffisaient pour les rendre calmes et ils entraient gaiement dans l'appareil (2). Quant à l'influence de leur séjour sur la santé,

(1) Je suis heureux de pouvoir remercier ici Mlle Turenne, sous-surveillante aux Enfants Assistés, pour le concours dévoué qu'elle m'a apporté dans toutes ces observations aux précautions si minutieuses.

(2) Pour s'assurer qu'il n'existe aucune suite (il suffit de mettre le système (calorimètre et caoutchouc) après une observation en communication avec un simple manomètre à eau. Il se produit pendant le refroidissement de l'œuf une dépression très sensible, dépression qui s'il n'existe aucune fuite, persiste tant que la communication avec le calorimètre est maintenue.

Ce procédé permet encore de reconnaître si l'appareil est complètement refroidi et peut servir à une nouvelle expérience. Quand l'équilibre est établi la différence entre les deux niveaux cesse de croître.

elle est absolument nulle, même chez les enfants malades. J'ai noté avec soin la marche de la maladie, chez les sujets observés, sur les 20 enfants atteints de bronchopneumonie et qui ont été soumis aux observations calorimétriques 6 sont sortis guéris, ce qui donne une mortalité de 60 0/0, chiffre inférieur à la statistique hospitalière qui est de 80 0/0 et se rapproche de la mortalité en ville, 50 0/0. Je n'ai pas la prétention de croire que l'œuf calorimétrique ait une valeur thérapeutique dans le traitement de la bronchopneumonie, mais cette statistique répond victorieusement aux craintes formulées sur les dangers que ces expériences pouvaient faire courir aux petits malades.

Ce travail commencé en juin 1885 a été fréquemment interrompu par suite de circonstances diverses. J'ai pu cependant faire 210 observations, chiffre assez considérable si l'on remarque qu'il faut mettre un intervalle de 2 heures au moins entre deux observations pour laisser refroidir l'appareil, cette nécessité limite forcément le nombre des observations quodidiennes.

III. — Influence des causes extérieures.

Parmi les causes extérieures à l'individu qui peuvent modifier en lui les fonctions de la thermogénèse, une des plus importantes est sans contredit la température extérieure. Vivant dans une atmosphère d'une température ordinairement inférieure à la sienne propre, l'animal émet constamment une certaine quantité de chaleur, mais cette quantité de chaleur émise est-elle exactement proportionnelle à la différence constatée entre la température de l'animal et celle du milieu ambiant; suit-elle, en un mot, la loi de Newton?

Le raisonnement et l'observation indiquent que pour les animaux supérieurs, ceux appelés justement animaux à température constante, la loi du refroidissement n'est pas applicable. Ces animaux, grâce à un système spécial dit système régulateur ne présentent, pour des écarts considérables de la température extérieure, que de très faibles différences de température.

Ce rôle de la régulation de la chaleur est dévolue à l'appareil vaso-moteur, cet appareil agissant non seulement sur la déperdition du calorique, mais encore, suivant l'opinion de M. Vulpian, sur la production du calorique.

On démontre en physique que la radiation thermique varie suivant la température de la surface rayonnante. Or, chez l'homme la surface rayonnante n'est autre que la surface cutanée, les oxydations qui s'y produisent sont peu intenses et la peau n'a véritablement pas de chaleur propre, la température du tégument tient donc à la circulation plus ou moins active de son riche réseau vasculaire. Par suite, si l'action vaso-constrictive de l'appareil régulateur amène un resserrement des vaisseaux cutanés, elle déterminera en même temps un abaissement dans la température de la peau et une diminution dans la radiation thermique, l'inverse se produisant dans la dilatation des vaisseaux périphériques. L'influence exercée par la circulation sur les sécrétions de la peau, source puissante de refroidissement, vient augmenter les résultats obtenus par l'irrigation des tissus. La régulation de la chaleur est encore obtenue par la voie pulmonaire; l'échauffement de l'air expiré et la vaporisation de la vapeur d'eau exhalée absorbant chez un homme de constitution moyenne et dans les conditions normales, 15,650 calories par heure. Il suffit d'augmenter le nombre des respirations et par suite la quantité d'air qui va s'échauffer dans les poumons pour faire accroître ce chiffre.

En ce qui concerne le poumon, M. Vulpian (1) émet, au sujet du rôle des vaso-moteurs de cet organe, une théorie toute personnelle; bien qu'elle ne soit pas admise par la plupart des physiologistes, je crois devoir la citer textuellement :

« Les vaisseaux des poumons peuvent sans doute se resserrer ou se dilater sous l'influence des fibres vaso-motrices qui les innervent. La quantité d'oxygène absorbée doit varier suivant que le calibre de ces vaisseaux est plus ou moins large, puisque la quantité de sang qui traverse les poumons est alors plus ou moins considérable. L'intensité des actes physico-chimiques est vraisemblablement proportionnelle à l'abondance de l'irrigation qu'y opère le sang oxygéné. »

On voit que l'appareil vaso-moteur, par son action sur les vaisseaux du poumon, pourra influencer aussi les phénomènes de la thermogénèse animale. Le rôle de l'appareil vaso-moteur est donc celui d'un régulateur thermique.

(1) Vulpian. *Leçons sur l'appareil vaso-moteur*, t. II, p. 179.

On peut considérer les variations de la radiation thermique dues aux modifications de la température extérieure comme une série de résultantes provenant de l'action de deux forces agissant en sens inverse. En effet, si la loi de Newton exerçait seule son action sur le rayonnement d'un être vivant, la température du milieu extérieur étant mobile, celle de l'animal relativement fixe, la quantité de calories rayonnée aux différentes températures devrait, suivant la formule :

$$\text{Log } T = \log t + m \log (1 - n)$$

pouvoir être indiquée suivant une courbe hyperbolique.

D'autre part, l'appareil vaso-moteur agit d'autant plus énergiquement que la température est moins élevée, pour anémier la surface cutanée, diminuer sa radiation et les sécrétions dont elle est le siège.

L'influence de la température extérieure sur la formation de l'acide carbonique a été étudiée par plusieurs auteurs. Il résulte de leurs travaux que la quantité d'acide carbonique exhalée croît généralement à mesure que la température s'abaisse.

Pour Smith, la production de l'acide carbonique présente en hiver une augmentation de 20 0/0 sur celle de l'été.

Lavoisier et Seguin ont trouvé chez l'homme

a 32°,5	une absorption d'oxigène de	34 gr. 49	en 1 heure.
15°,0	—	38 gr. 31	—

Delaroche, en 1813, aboutit au même résultat. Voit et Pettenkofer (1) donnent les chiffres suivants, d'après les observations prises à l'aide de leur grand appareil sur un homme de 71 kilogrammes à jeun.

Temp. extérieur.	Acide carbonique en 6 heures.	Azote de l'urine.
4°4	210 gr.	4 gr. 23
9	192	4 20
14	155	3 81
16	158	4
23	164	3 40

La courbe indiquant la quantité d'acide carbonique exhalée passerait donc chez l'homme par un minimum vers 14°.

(1) Pettenkofer et Voit. *Zeitschrift fur Biologie*, t. XIV, p. 57.

Page (1) étudiant le même phénomène chez le chien trouve également un minimum, qui chez cet animal serait à 25°.

Si on représente par 100 la quantité d'acide carbonique exhalée à 25° on trouve :

A 15°	118 à 141	d'acide carbonique.
20	107 à 109	—
25	100	—
30	111 à 112	—
35	149 à 155	—

Senator (2) avec son calorimètre destiné à mesurer simultanément l'acide carbonique exhalé et la chaleur émise admet que ces deux facteurs diminuent avec la température.

Frédéricq (3) conclut qu'entre 14° et 20° la température extérieure n'influe pas sur la consommation d'oxygène et par suite sur la thermogénèse. Il n'en est pas de même s'il y a impression brusque du froid sur la peau, nous avons cité ces résultats à propos du refroidissement des jeunes enfants.

M. Barral (4), par la méthode de M. Boussingault a trouvé une augmentation notable dans la dépense de l'oxygène à 0°,5 chez un homme de 47 kilog., la quantité d'oxygène prise à l'atmosphère dans l'espace de une heure a été

De 44 gr.	229	à 0°,54
31	782	à 20°,8

Enfin nous rappelons les chiffres de Ludwig, obtenus non par une calorimétrie directe, mais à l'aide de calculs.

Homme.	En hiver.........	3,225
	En été...........	2,745

Masje (5) d'après ses recherches avec la pile de Melloni conclut également que la radiation du corps nu s'accroît d'autant plus vite que la température ambiante est plus basse, il ajoute toutefois que si le refroidissement est assez intense pour provoquer la contraction de la peau, cette radiation tombe au-dessous de la normale.

(1) Page. *Jour. of. phys*. Vol. II, p. 228-234.
(2) Senator. *Arch. für Anat. und Physio.*, 1872, p. 50.
(3) Frédéricq. *Régulation de la temp. Arch. de biol. belge*, 1882.
(4) Barral. *Ann. de Chimie et de Phys*. 3e série, t. XXV.
(5) Masje. *L'irradiation du calorique chez l'homme. Arch. de Wirchow*, I, CVIII.

J'ai tenu à citer ces résultats obtenus par des observateurs habiles parce que les expériences faites sur les animaux par M. Richet, et les miennes faites sur l'homme semblent conduire à des résultats fort différents.

Tandis que les chiffres de MM. Voit et Pettenkofer pour l'homme, de M. Page pour le chien indiquent que la courbe de la quantité d'acide carbonique à des températures différentes passe par un minimum, variable suivant l'espèce. M. Richet en groupant 110 observations faites sur des lapins trouve que la radiation maxima

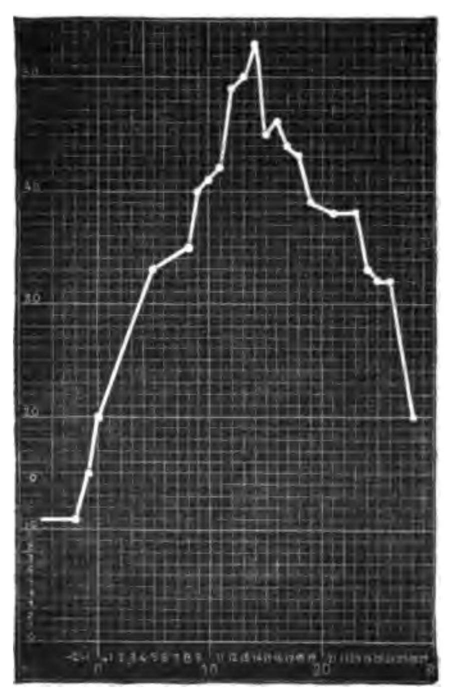


FIG. 2. — *Courbe indiquant la quantité de chaleur produite en une heure par un kilo de lapin.* — Sur l'ordonnée inférieure sont marquées les températures. — Sur l'ordonnée latérale sont indiquées les quantités de chaleur produite, représentée en centimètres cubes d'eau (1cc = 83 calories). — On voit nettement qu'il y a pour la radiation calorique un optimum qui répond à 14°. — D'après M. Ch. Richet. *Arch. de Physiologie.* (1885 in loc cit., fig. 2.)

du calorique chez le lapin se produit vers 13 ou 14° et qu'en deçà et en delà de cette température l'intensité de la radiation diminue avec une grande rapidité. Le même fait se produit chez le cobaye, la radiation maxima se trouvant à une température plus basse 11°.

M. Richet (1) a entrepris les mêmes recherches sur les enfants à l'aide de l'œuf calorimétrique décrit au commencement de cette étude.

Les expériences faites en été, la température extérieure oscillant entre 18° et 25° ont montré que la radiation calorique dominait rapidement avec l'élévation de la température atmosphérique de 18° à 25°.

De 18 à 25 le rayonnement calorique augmente du double. C'est à la suite de ces recherches, auxquelles M. Richet m'avait associé que j'ai, suivant son conseil et guidé par lui entrepris cette étude sur la chaleur humaine.

Il était intéressant de chercher quelles modifications les températures moins élevées amenaient dans la radiation et s'il existait comme chez le lapin et le cobaye une température correspondante à un rayonnement maximum chez l'homme.

Je n'ai pu, et on en comprendra les raisons étudier complètement cette question chez l'enfant. Il m'était impossible, avec de jeunes sujets présentant une résistance si faible au refroidissement de les exposer nus à des températures relativement basses. Les observations ont donc été faites sur des enfants complètement vêtus, ce vêtement étant toujours de la même nature; couverture de laine rouge assez légère enveloppant complètement l'enfant, ce dernier gardant en outre une brassière de coton et un bonnet de tête.

L'enfant ainsi habillé était amené dans la pièce où se trouvait l'appareil et y demeurait un certain laps de temps avant d'être mis dans l'œuf. Cette précaution est indispensable, la température des salles d'hôpital reste constante en *hiver* au moins, et il faut un certain temps pour que l'influence de la température extérieure amène une réaction du système nerveux, réaction déterminant les modifications dans la thermogénèse que je voulais étudier. Un séjour de 30 à 40 minutes suffisent généralement car l'enfant se trouve encore à la même température dans l'œuf où il restait une heure et quelquefois une heure et quart.

Dans les dernières minutes de l'expérience c'est-à-dire au moment où se produit l'équilibre entre la chaleur reçue par le

(1) Richet. *Influence de la temp. extérieure sur la production de chaleur*. Acad. des Sc., 29 juin 1885.

calorimètre et celle qu'il émet au dehors par rayonnement, moment où se mesure par conséquent la quantité de calorique produite par l'enfant; l'enfant se trouvait depuis 1 h. 30 à 1 h. 45 sous l'influence de la température étudiée.

Les expériences entreprises pour déterminer en calories la valeur des centimètres cubes d'eau écoulés montrent que cette valeur n'est pas modifiée par la température extérieure (1).

Température extérieure.	Valeur en calories du centimètre cube d'eau tombé.	
14°	67	67,35
15	69	
14	66	
15	67	
16	67	67,75
21	69	
25	68	
23	67	

Ce qui était à prévoir, l'air de la double enceinte formant un matelas mauvais conducteur qui absorbe une grande partie de la chaleur émise et d'autre part l'appareil rayonnant constamment, l'écart de la température de sa surface et celle de l'atmosphère est toujours très petit.

Pour déterminer l'influence de la température extérieure, je n'ai fait entrer dans les éléments du tracé que des observations contrôlées sévèrement, faites avec des enfants à température normale et d'un poids de 7 kilog. environ.

TABLEAU A.

Nos des observat.	Température extérieure.	Températ. rectale.	Calories par K. et par H.	Poids.	Heures.
1	20°5	37°5	4,300	6 k. 600	9 h. 15 m.
4	20	37 5	3,761	9 000	4
3	19	37 6	4,161	9 000	10
15	18	37 6	4,047	7 500	
90	18	37 2	4,221	5 000	9
72	16	37 5	4,100	8 000	11
17	16	36 9	3,920	7 400	
43	16	37 2	4,080	7 100	10
45	16	37 3	4,050	7 175	11
44	15	36 8	3,950	7 150	8

(1) Pour les détails de cette détermination se reporter au tableau de la page 18.

47	15	37 6	4,250	7	100	3 heures.
80	15	37 6	3,800	8	000	11
50	15	37 4	3,990	5	000	5
51	15	37 5	3,920	5	000	5
114	15	36 8	3,700	7	000	
117	15	37 5	4,423	7	000	
113	14	37 5	4,200	7	000	10

La courbe construite d'après cette série d'observations (17) passe manifestement par un maximum à 18° et s'infléchit lentement de 18 à 14°.

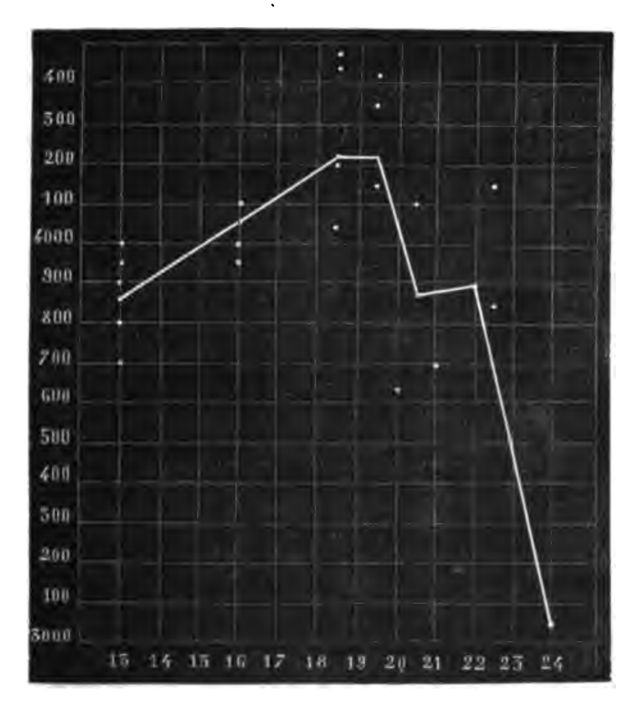


Fig. 3. — *Influence de la température extérieure.*— Sur l'ordonnée inférieure sont inscrits es degrés thermométriques. — Sur l'ordonnée latérale la quantité de calories dégagées. — Les chiffres au delà de 20° sont empruntés à la note de M. Richet.

Comment expliquer ces résultats, en contradiction apparente, tout au moins avec ceux obtenus par les physiologistes cités précédemment.

Nous avons parlé au début de ce chapitre de l'action des vaso-moteurs, on peut admettre en effet que l'impression du froid détermine une action reflexe vaso-constrictive et par suite

une augmentation du tonus vasculaire, resserrant les vaisseaux superficiels de la peau et des tissus sous-jacents et abaissant ainsi la température de la surface rayonnante. Telle est en résumé l'action des vaso-moteurs qui peut expliquer à la rigueur les résultats obtenus par M. Richet et moi. Mais il reste à trouver une explication satisfaisante pour concilier ces deux faits. Diminution dans la radiation — augmentation dans la production d'acide carbonique — la température du sujet restant constante?

OSCILLATIONS HORAIRES DE LA THERMOGÉNÈSE.

De nombreuses recherches ont été faites sur les oscillations de la température dans une période de vingt-quatre heures.

Mentegazza (1) par l'observation de la température de l'urine, trouve que la chaleur centrale augmente à partir de cinq heures du matin, atteint un premier maximum entre dix et onze heures, retombe lentement et atteint un second maximum vers cinq heures, ces deux maxima étant à peu près identiques. Jurgensen (2) établit que la courbe thermique peut se diviser en deux

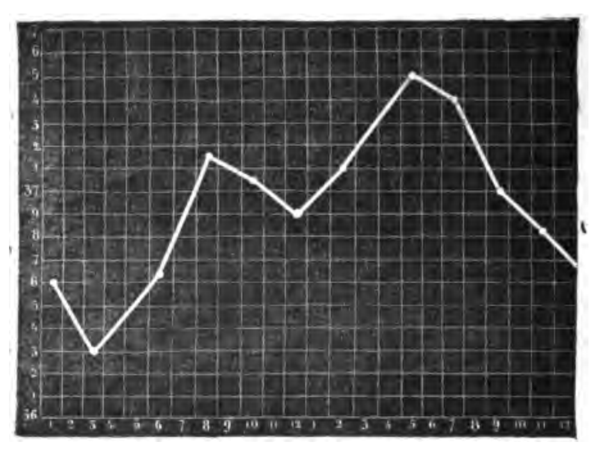


FIG. 4. — *Courbe quotidienne de la température axillaire.* — On voit sur cette courbe un abaissement de la température vers 10 heures du matin, et par suite la courbe à deux fastigiums, l'un à 8 heures du matin, le second plus élevé vers cinq heures. (Bärensprung).

périodes pour chaque nictimère, une période ascendante diurne,

(1) Mentegazza. *De la temp. des urines aux différ. heures*. Presse méd. belge, 1863.

(2) Jurgensen. *Deütsch arch f. Klin med.*, 1863. *Die Korperwarme des Gesunden Menschen*. Leipsig, Vogel, 1873.

une période descendante nocturne. De Rienzi (1) établit que les variations ne sont produites ni par l'ingestion ni par la digestion des aliments. Ces recherches ont été reprises par MM. Richet (2), Gley et Rondeau, et viennent confirmer les résultats obtenus par les auteurs précédemment cités.

La température de l'urine, prise de sept heures du matin à neuf heures du soir, indique un maximum vers trois heures, sans que l'influence des repas soit très appréciable. A sept heures la température de l'urine est de 36°4 et elle atteint 37°35 à quatre



FIG 5. — *Courbe moyenne quotidienne.* — Cette courbe est construite d'après les moyennes des températures centrales (rectale-urine) et périphériques (axillaire). — Elle peut être prise comme type des variations de sa température chez l'homme dans les 24 heures. (D'après M. Ch. Richet. *Revue scientifique*, 1er semestre 1885, p. 425.)

heures, pour descendre ensuite graduellement. Le repas du soir pris à sept heures ne paraît pas ralentir cette descente. Les auteurs qui ont étudié les modifications horaires des phénomènes de la respiration, Vierordt (3), Bidder, Pettenkofer, Voït, Senator, Leyden, Frankel, etc., admettent tous la suractivité de ces phénomènes pendant la digestion.

(1) De Rienzi. *Sur la temp. animale dans les différentes parties du corps.* (*Il filiatre selezio*, mars 1865.)

(2) Richet. *Leçons sur la chaleur animale.* Revue scient., 1885, 2e sem., p. 428.

(3) Vierordt. *Physiologie des atthmens mit besonderer rucksicht auf die Auscheidnug der Kohlensaure.* Karlsruhe, 1845. — Berg. *Deut. arch. fur. R. méd.* VI, p. 291. — Bidder et Schmidt. *Die verdaungssafte und der stoffwechsel.* — Pettenkofer et Voït. *Ann. der Che. und Phar.* Leipzig, 1852. — Senator. *Arch. fur Anat. und Physio*, 1871. — Leyden. *Arch. fur path. Anat.*, 1879. — Fredericq. *Loc. cit.*, p. 737.

C'est ainsi que Fredericq, étudiant la consommation d'oxygène aux différentes heures, au printemps et par une température de 15°, trouve pour un homme de 83 kilog. :

	Heures.		Litres d'oxygène absorbé en 15'.		Augmentation.
A jeun..............	8 h.		4 l.	50	
Après le déjeuner.....	10		6		33 0/0
Avant le dîner........	11	30	5		
1 h. 30 après le dîner..	2	30	6	50	45

Chez l'homme à jeun ces deux maxima n'existent pas, et la

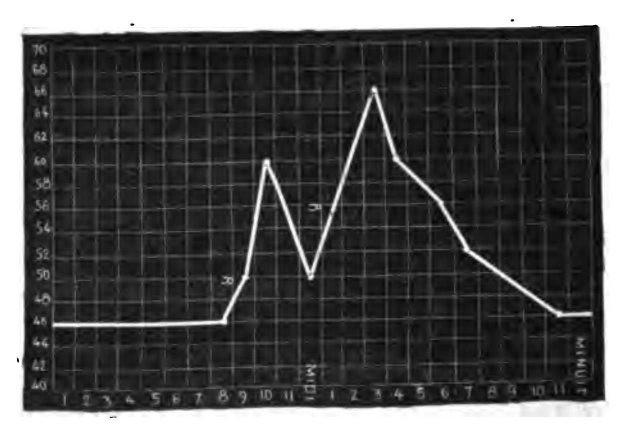


Fig. 6. — *Variations de l'absorption d'oxygène aux divers moments de la journée.* — D'après M. Fredericq (*Arch. de biologie*, 1883, p. 731, fig. 6). L'ordonnée horizontale indique les heures et l'ordonnée verticale indique en dixièmes de litres la quantité d'oxygène consommée en 15 minutes. Les observations ont été prises de 8 heures du matin à 7 heures du soir.

courbe de l'oxygène absorbé suit une ligne descendante régulière.

Si la digestion détermine une augmentation considérable dans la production de calorique 35 et 45 0/0, sans amener cependant une élévation thermique sensible, c'est que le système régulateur de la chaleur fonctionne toujours. On doit donc constater une déperdition correspondant à la production exagérée.

En éliminant les observations faites sur les enfants malades et ceux d'un poids inférieur à 7 kilog., j'ai groupé les 14 observations faites à des heures différentes sur cinq enfants soumis au même régime, prenant le premier repas à 7 heures, le second à 10 heures 30 et le troisième à 5 heures.

TABLEAU B.

Nos des observ.	Heures.	Calories par kilog.	Poids.		Température rectale.
113	8	4,200	7	B	37.5
94	8	3,950	7.150	E	36.8
3	10	4,161	9	A	37.6
93	10.30	4,080	7.150	E	37.2
52	10.30	4,154	7	C	37.5
112	11	4,250	7	B	37.4
95	11.30	4,050	7.175	E	37,3
132	2	3,960	6.8	D	38
33	2	4,120	7.100	E	37.5
34	3	4,150	7	E	37.4
97	3	4,250	7.150	E	37.6
4	4	3,761	9	A	37.5
51	5	3,920	7	C	37.5
50	5	3,990	7	C	37.7

Les lettres de la 5e colonne indiquent les observations prises sur le même enfant.

Ce tableau indique nettement deux maximums correspondant à ceux indiqués par Fredericq dans l'absorption de l'oxygène et

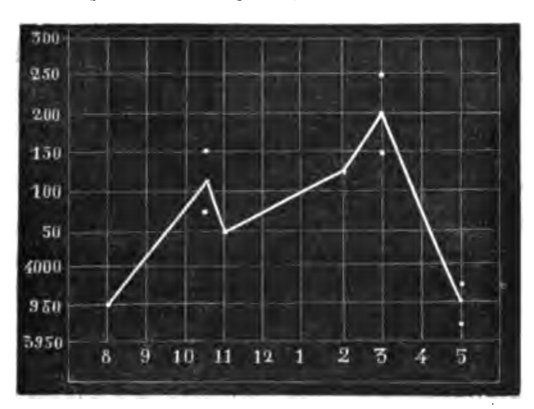


FIG. 7. — *Oscillations horaires de la thermogénèse.* — Sur l'ordonnée inférieure sont marquées les heures de 8 heures du matin à 5 heures du soir. Sur l'ordonnée latérale sont indiquées les quantités de calories produites correspondantes. Chaque point correspond à une observation inscrite dans le tableau C et prise avec les enfants E et C.

explique la discordance qui existe entre le tracé de l'exhalation de l'acide carbonique et celui de la température.

Quant au maximum constaté à trois heures dans les trois courbes de la production de chaleur, de sa déperdition et de l'élévation thermique, il tient à des causes multiples agissant en même

temps : élévation de la température extérieure, digestion du principal repas, suractivité psychique et physique. Il existe en quelque sorte « *une fièvre normale, physiologique* » qui atteint son maximum vers trois heures. A cette période de la suractivité de la thermogénèse succède une phase de dépression telle que la courbe thermique continue à baisser jusqu'au moment du sommeil, que ce dernier se produise ou non.

Ce maximum de trois heures est sans doute plus faible chez l'enfant, surtout l'enfant dans, une salle de l'hôpital que chez l'homme, soumis à toutes les nécessités et les préoccupations de la vie quotidienne. Enfin l'activité intellectuelle dont l'influence a été étudiée par M. Gley (1), est à peu près nulle à cet âge.

J'ai cherché, en profitant des conditions spéciales où se trouvent les jeunes enfants, ce que deviennent les oscillations de la radiation thermique, quand on supprimait l'influence de l'alimentation et du milieu extérieur. Ces enfants prenant le sein toutes les deux heures environ et absorbant une faible quantité de lait à chaque tétée, se trouvaient dans un état de digestion continuelle. D'autre part, ils restaient toute la journée dans une couveuse maintenue à 26°, ne la quittant que pour prendre le sein et être changés.

Douze observations ont été prises sur le même enfant, salle Valleix, n° 638, né le 4 février, et par conséquent âgé de dix jours lors des premières observations. Cet enfant chétif, pesant 1,700 grammes, ne présentait aucune lésion pulmonaire ou abdominale, sa température rectale s'est toujours maintenue à un chiffre assez bas, 36,6 et 35,4 : la température du cabinet variant entre 22 et 25°. Malgré cette atmosphère élevée, il se produisait chaque fois un abaissement notable de la température rectale pouvant atteindre 7 à 9 dixièmes à la fin de l'expérience.

J'ai dû tenir compte de ce refroidissement.

On voit d'après ce tableau qu'il est loin d'être négligeable.

(1) Gley. *De l'influence du travail intellectuel sur la température générale.* (Soc. de biologie, 26 avril 1884.) — M. Gley, en variant ses expériences, a trouvé que l'élévation thermique due au travail intellectuel est environ de un dixième de degré dans une heure.

TABLEAU C.

Heures.	Température rectale. Initiale.	Finale.	Calories perdues par refroidissement.	Calories après corrections.
9	36	35.4	450	7,000
8.30	36.2	35.9	250	6,250
9	35.3	34.7	400	6,900
11	36.4	35.6	640	9,860
11	36.3	35.7	750	9,100
3	36.4	35	1,162	9,400
4	36.8	35.4	1.160	6,700
4.3	36.4	36	320	7,500
5	36.2	35.6	480	7,000

Le poids n'est pas indiqué pour chaque observation. Ce poids ayant oscillé entre 1,675 gr. et 1,708 gr.

Une autre série d'observations faites sur un enfant pesant 1,950 grammes à 2,000 grammes, et du même âge, se trouvant dans les mêmes conditions de nourriture et de séjour, mais étant introduit dans l'appareil complètement emmaillotté, indique également un maximum vers onze heures du matin.

Nos des observations.	Heures.	Temps rectale.	Calories après correction.
164	8	36	6,365
167	11	36.6	6,800
165	12	35	6,800
168	3	35.8	7,000 (1)
156	4	35.8	6,000

Nous retrouvons encore ce maximum vers onze heures chez un enfant de 4 kilog., n° 439, élevé au sein également, mais qui n'est pas dans une couveuse.

11 heures.	37.8	5,300
4 —	38.4	4,300

L'augmentation observée dans la radiation thermique à 11 heures est considérable chez le n° 638, elle dépasse de 28 0/0 la radiation de 9 heures du matin et de 5 heures du soir, mais il faut remarquer que cet enfant donne des chiffres toujours très élevés et qu'il paraît très sensible au froid. D'autre part, il existe une cause spéciale qui paraît agir sur cette augmenta-

(1) La température extérieure n'a pas été prise au début de cette observation.

tion de radiation. M. Sevestre, le chef du service, fait sa visite vers 10 heures. Dès 9 heures et demie les nourrices préparent les enfants qui lui sont présentés chaque jour. Ces enfants restent ainsi en dehors de leur couveuse une heure environ, et pendant ce temps, ils s'agitent, crient et le meilleur procédé pour les calmer étant de leur donner le sein, il est probable qu'à ce moment la quantité de lait absorbée est plus grande, c'est du moins ce que nous avons constaté dans quelques pesées faites à cette heure. Toutes ces causes, action de l'air extérieur, agitation prolongée, nourriture plus abondante, contribuent à accélérer la thermogénèse, pour étudier la valeur de cette cause, j'ai fait laisser l'enfant dans la couveuse pendant toute une matinée, à 11 heures l'observation calorimétrique CLXXIII donnait 6,000 chiffre un peu inférieur à ceux cités plus haut.

Dans un autre cas, l'enfant a été maintenu en dehors de la couveuse pendant une heure, de 7 à 8 heures, le sein lui a été donné deux fois, et il a absorbé en tout 45 grammes de lait d'aprés les pesées. L'observation prise à 9 heures indiquant un dégagement de 7,660, chiffre légèrement supérieur à ceux obtenus précédemment à cette heure. Les résultats donnés par ces deux dernières observations, ne peuvent infirmer ce fait qu'il existe pour les enfants observés un maximum de radiation thermique se maintenant de 11 heures à 3 heures.

Les variations dans la pression barométrique, variations peu importantes du reste, ne nous ont pas paru exercer une influence quelconque sur la radiation calorique, aussi avons-nous cru inutile de donner les indications barométriques.

IV. — Influence de la taille.

Les animaux à sang chaud présentant généralement une température supérieure au milieu ambiant, sont soumis, au moins en partie, aux lois physiques qui règlent le refroidissement ou la radiation. Par suite, la perte de chaleur par radiation, doit être d'autant plus grande que la taille est moindre. La surface rayonnante pour les sujets de formes analogues variant comme les carrés, tandis que les volumes varient comme les cubes. Cette augmentation dans la perte du calorique doit coïn-

cider, la température restant constante, avec une augmentation dans la production des combustions. Ce fait avait été établi déjà par Regnault et Reiset pour les animaux d'espèces et de poids très différents.

Calculant la quantité d'acide carbonique exhalée par kilog. et par heure, ils trouvent les chiffres suivants:

Homme	0 gr.	60
Lapin	1	11
Chien	1	19
Canard	2	12
Moineaux	10	58 (1)

Ces chiffres indiquent cependant que cette règle ne s'applique rigoureusement qu'aux animaux de mêmes espèces.

Un kilog. de chien produit autant d'acide carbonique qu'un kilog. de lapin, quoique le poids absolu du premier soit le quintuple de celui du second.

M. Senator qui a établi l'influence de la taille sur la production de la chaleur chez les chiens, confirme ce fait: que la production de chaleur du chien est plus élevée relativement que celle du lapin.

Les analyses des gaz expirés par l'homme faites par MM. Andral et Gavarret, montrent également l'augmentation relative de la production de l'acide carbonique chez l'enfant.

Age.	Poids.	Acide carbonique exhalé en 1 heure.	Oxygène absorbé en 1 heure.
8 ans.	22 k. 26	18.3	15.6
15	46 41	31.9	27.6
18	61	41.8	35.5
40 à 60	68	37	31.5

Consommation moyenne de carbone par heure:

De 10 à 15 ans.	Chez le jeune garçon pubère	7 gr.	0
	Chez la jeune fille non réglée	6	4
De 16 à 30 ans.	Chez l'homme adulte	11 gr.	2
	Chez la femme réglée	6	4

(1) Sanson trouve pour le cheval d'un poids de 505 kilogr., 0.16 d'acide carbonique par kilogr. et par heure.

Ludwig d'après les mesures des produits de la respiration admet les chiffres suivants :

	Calories p. kil. et p. heure
Pour un homme de 47 kilogr, en hiver.....	3,225
— — en été.......	2,746
— 58 kilogr..............	2,204
Pour une femme de 64 —	1,996
Pour un enfant de 15 kilogr. (6 ans)........	7,058

Cette augmentation se constate encore dans le dosage de l'urée, cette scorie suivant l'expression de Hirtz, du foyer de combustion animale.

Fouilhoux cité par M. Regnard donne les chiffres suivants :

Enfant de 3 à 6 ans..........	1 gr.	5
— 8 à 11 ans........ ..	0	8
— 13 à 16 ans........ ..	0	7
— Adulte...............	0	3

Dans les premiers jours de la naissance la production de l'urée est loin d'être aussi considérable, ainsi que l'ont montré les recherches de Parot, Pollak et Cruse. M. Parrot indique le chiffre de 0 gr. 23 par kilogramme d'enfant pendant les 15 premiers jours.

M. Quinquaud a trouvé une augmentation assez considérable dans la production de l'urée du premier au quinzième jour.

	Urée par kilogr.
1er jour................	0.03
2e —	0.12
8e —	0.20
15e —	0.30

Cette faible quantité d'urée chez le nouveau-né (2 fois moindre que chez l'adulte) s'explique par la puissance d'assimilation et d'oxydation qui existe chez lui à cette époque et qui fait que tous les produits non assimilés sont complètement comburés.

Le tableau a été obtenu en groupant les observations faites sur des enfants à température normale (ou présentant des écarts physiologiques), suivant le poids de ces enfants.

TABLEAU D.

Nos des observations.	Poids.	Temps rectale.	Calories par kilogr.
3	10,	37.6	4,161
65	10,0	37.6	3,800
7	9,0	37.5	4,250
4	9,0	37.5	3,761
72	8,0	37.5	4,100
5	9,50	36.3	4,047
113	7,00	37.5	4,200
18	7,10	37.2	4.080
95	7,175	37.3	4,050
97	7,175	37.6	4,250
33	7,100	37.5	4,120
91	6,0	37.8	4,220
25	4,500	37.2	4,221
158	7,320	37.8	5,300
159	4,150	37.8	4,300
157	3,8	38	4,350
121	3,9	37.6	4,300
156	3,8	37.8	4,200
176	2,8	37	4,280
126	2,5	36	5,360
142	2,150	36.8	4,600
143	2,150	36.8	4,900
144	2,230	37.	4,500
140	1,995	36.6	6,800
146	1,990	36.2	6,000
148	1,990	35.8	6,100
145	1,950	35.9	6,800
153	1,700	36.8	6,700
155	1,700	36.2	7,000
139	1,670	36.4	7,500
140	1,680	36	7,000
141	1,675	36.4	6,300

Ce tableau donne les chiffres moyens suivants :

Enfants de	9 à 10 kilogr.........	3,930
—	7 à 8 —	4,120
—	5 à 6 —	4,200
—	3 à 4 —	4,350
—	2.500 —	4,800
—	2 —	6,400

La démonstration de ce fait : la production de chaleur variant en raison inverse de la taille de l'animal, est établie d'après ces chiffres, mais il est intéressant de chercher le rapport qui existe entre la production ou la déperdition, ces termes étant

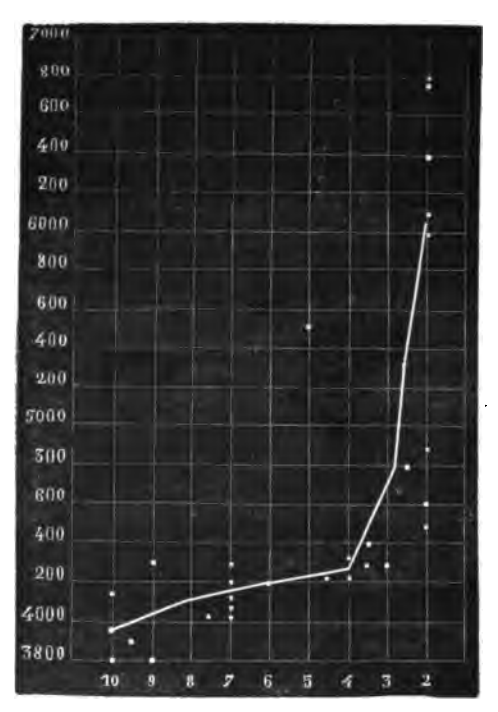


Fig. 8. — *Influence de la taille.* — Sur l'ordonnée inférieure sont inscrits en kilogrammes les poids des enfants. Sur l'ordonnée latérale, les quantités de calories produites par kilogramme. Les enfants de 2 kilogrammes donnent parfois des chiffres considérables : 6,700, 7,100.

indifférents si la température reste constante, et la grandeur de la surface rayonnante.

Il est difficile, sinon impossible, d'évaluer exactement la surface cutanée de l'homme, mais on peut arriver à des chiffres approximatifs.

La densité du corps humain est évaluée à 1,009 (femme), 1,010 hommes par Robin, à 1,066 (homme) par Valentin. Ces chiffres varient certainement avec les modifications individuelles, aussi peut-on, considérer la densité du corps humain comme étant égale à celle de l'eau et évaluer le volume d'après la lecture directe du poids de l'individu.

TABLEAU E.

Poids.	Surface.	Calories dégagées. Par kilog.	Par unité de surface.
65	7,849	1,700	14
10	9,142	3,930	17
9	2,106	3,900	16
7	1,778	4,120	16
6	1,638	4,200	15
4	1,135	4,300	15
2	780	6,000	15

Le premier chiffre est calculé d'après le nombre donné par les auteurs précédents.

C'est avec intention que j'emploie dans la dernière colonne le terme : *unités de surface*, terme très vague, mais qui convient parfaitement au peu d'exactitude de la détermination de la surface du corps, j'ai considéré en effet, le corps humain comme une sphère de densité égale à 1 et dont on pouvait, par conséquent, calculer la surface d'après la formule $4\pi R_2$, R étant égal à $\sqrt{\frac{3\,P}{4\,\pi}}$. Il est loin d'en être ainsi, et les chiffres donnés par M. Sappey et calculés en décomposant le corps humain en une série de cylindres, de troncs de cône ou de sphères, sont beaucoup plus forts (près du double) que ceux donnés ici. Quoiqu'il en soit, et est là le point intéressant, l'erreur commise existe pour tous les poids donnés, et il ressort néanmoins du tableau que la quantité de chaleur dégagée est fonction de la surface.

En prenant les chiffres de M. Sappey et en calculant d'après les données de Queteley la surface des enfants à différents âges, on peut approximativement doubler les surfaces indiquées par le tableau, et prendre alors les chiffres de 8 micro calories comme indiquant la quantité de chaleur dégagée par un centimètre carré de peau humaine.

M. Ch. Richet (1) a obtenu des résultats semblables avec des lapins pesant 2 kilog. 100 à 5 kilog. 100 et que nous croyons devoir reproduire :

	Calories par décim. carré de surface.
Lapin de 2 kilogr. 300......	10.79
— 2 — 500......	10.70
— 2 — 700......	10.54
— 2 — 900......	10.62
— 3 — 100......	10.54

(1) Ch. Richet, *loc. cit.*, p. 268.

Les recherches analogues entreprises sur des cobayes de 140 à 150 grammes conduisent au même résultat que celles faites sur les lapins et on retrouve le chiffre de 10 calories par unité de surface. Ce qui tend à faire admettre que la radiation thermique chez des animaux de même fourrure et d'espèce différente se fait suivant une même loi.

Les chiens, moins protégés par leur tégument contre la déperdition de calorique produisent plus de chaleur que les rongeurs et la perte par radiation s'élève chez eux à 14 calories par unité de surface. Enfin l'homme dont la peau est la moins protégée naturellement de tous les animaux, offre également le chiffre le plus élevé 15 à 17 calories par unité de surface.

Les recherches calorimétriques sur les enfants très jeunes, de 4 jours à 1 mois offrent une grande difficulté. Ces petits êtres présentent au refroidissement une résistance excessivement faible. J'ai pris une partie de mes observations l'enfant sortant de la couveuse à 26° emmailloté dans des langes et des couvertures dont la température prise à l'aide de thermomètres glissés entre ces effets variait entre 32 et 27°.

La température (rectale) de l'enfant était reconnue 40 minutes au moins avant l'expérience. L'enfant changé était remis pendant ce laps de temps dans la couveuse, où ses nouveaux effets prenaient une température fixe. Après le séjour d'une heure dans l'œuf calorimétrique le thermomètre était introduit de nouveau dans les effets et indiquait une diminution de 1 à 3°. La température rectale avait baiseé de 0,5 à 1°. J'ai essayé de déterminer expérimentalement quelle était la chaleur cédée au calorimètre par les effets du maillot. Mais cette correction est presque impossible et j'ai dû continuer mes observations sur les enfants de cet âge en les mettant complètement nus dans l'appareil, en prenant la précaution de porter la pièce où je faisais mes expériences à une température très élevée 28° à 31°. Malgré cette atmosphère surchauffée, j'ai toujours constaté un abaissement notable de la température de l'enfant.

Toutefois malgré ce refroidissement, je n'ai jamais observé aucune complication pulmonaire ou autre chez mes jeunes sujets et les enfants soumis pendant plus de deux mois à des observations fréquentes se portaient aussi bien que les autres enfants de la crèche. Ce qui tend à faire admettre que si les enfants

présentent au refroidissement une résistance très faible, par contre cet abaissement de la température n'a pas sur eux l'influence pernicieuse qu'il présente chez l'adulte. Quoiqu'il en soit il faut tenir compte dans les calculs, de cette chaleur cédée par refroidissement, et avec les écarts notés dans ces observations cette quantité est loin d'être négligeable.

Cette correction est toujours défectueuse car il est impossible de mesurer exactement la quantité de calories perdues par refroidissement et nous sommes forcés de prendre un chiffre approximatif. Nous supposons en effet comme Liebersmeister, que toutes les parties du corps se sont refroidies d'une quantité égale dans le même espace de temps. Il existe là une cause d'erreur, mais elle est assez faible.

Pour l'apprécier nous avons pris dans plusieurs observations une série de températures périphériques. Les températures axillaires étaient reconnues avec un thermomètre divisé en 25me de degré. Les températures des parois thoraciques ou abdominales avec un thermomètre de M. Constantin Paul.

TABLEAU F. — *Température.*

	Rectale.		Axilliaire.		Thoracique.		Abdominale.	
	Initiale.	Finale.	Initiale.	Finale.	Initiale.	Finale.	Initiale.	Finale.
140	36	35.4	36.2	35.3	35	34.3	—	—
144	35.3	34.7	35.7	34.8	35	34.1	35.4	35
152	36.3	35.4	36.4	35.4	....	....	....	....
145	36.2	35.6	36	35.3	....	....	....	....
147	38.2	39.6	37.5	37	34	36.2	37.2	37
135	39.9	....	....	....	38.6	37.7	....	....
139	36.4	35.9	36.5	35.9	....	....	36.2	34.6
»	37.0	36.3	36.8	36.1	35.4	34.3	36.2	35.7

La peau, exposée à l'air, se refroidit rapidement, mais le refroidissement périphérique se ralentit au bout de 6 à 7 minutes et les températures rectale et thoracique donnent alors une courbe sensiblement parallèle.

L'abaissement de température ne paraît pas suivre de loi déterminée, non seulement pour des régions différentes, mais encore pour les mêmes régions sur des sujets différents.

L'influence de l'appareil vaso-moteur et ses fluctuations individuelles se font ressentir dans cette question.

Les quelques expériences que nous avons faites dans ce but

viennent confirmer celles de Mortimer Granville et Sidney Ronger (1).

Première observation (2). — Enfant de 15 jours pesant 1,700 grammes est maintenu toute la journée dans une couveuse à 26°.

L'enfant est amené emmailloté dans le cabinet de M. Sevestre, où on maintient une température de 26°.

L'enfant est rapidement déshabillé, mis complètement nu et on prend simultanément avec des thermomètres étalonnés sa température rectale, axillaire et thoracique. Tous ces instruments étant portés préalablement à 35° environ. Les résultats obtenus sont les suivants :

Température.

A	B	C	Minutes.	Rectale.	Température axillaire.	Thoracique.
			5'	36.3	36.2	35 0
36	36	35	10'	».3	».1	».1
..	..	..	15'	35.8	35.7	34.8
35	35	..	20'	».7	».6	».1
35	35	34	30'	».7	...	».6
35	35	34	40'	».6	...	...
35	35	..	50'	».6	».4	...
35	35	34	1 h.	».5	».2	».3

Deuxième observation (3). — Enfant de 1 mois pesant 1,900 grammes.

Placé également dans une couveuse à 26°.

L'observation a été prise dans les mêmes conditions, la chambre étant à 27° environ. (La température de la pièce ayant varié de 26 à 28°,5 pendant la durée de l'observation, une heure, et l'enfant s'est agité continuellement, a crié et il n'a pas été possible dans ces conditions de prendre les trois températures simultanément.)

Température.

Heure.	Rectale.	Axillaire.	Thoracique.
3'	35.8	36	....
20'	35.2	35	....
30'	35	....	....
40'	35.1	....	33.8
50'	....	....	34
1 h.	35.1	35.1	....

Troisième observation (4). — Enfant de 8 mois (?) pesant 3,8 kilos.

A l'infirmerie pour une légère bronchite.

La température de la salle est de 16°. L'enfant est dans son lit, enveloppé

(1) Mortimer Granville. *The Lancet*, 11 août 1886, p. 205.

(2) Les observations calorimètres CXXXVII à CLIV ont été prises sur cet enfant.

(3) Cet enfant a fourni les observations calorimétriques CLXIV et CLXVIII.

(4) Correspond aux observations CLVI et CLVII.

d'une couverture de laine et transporté ainsi dans le cabinet à 28°. L'observation est arrêtée à 30 minutes.

Température.

	Rectale.	Axillaire.	Thoracique.
5'	37.7	37.3	35.9
10'	37.5	36.8	....
30'	37.1	36.7	35.3

Malgré les différences assez considérables qui existent entre ces chiffres, on voit qu'on peut calculer avec une certaine approximation la quantité de chaleur perdue par le refroidissement en partant des différences constatées dans les lectures initiale et finale du thermomètre placé dans le rectum, à la seule condition d'attendre pour prendre la température initiale 10 ou 15 minutes depuis le moment où l'enfant est déshabillé complètement.

En prenant le membre 83 comme coefficient de chaleur spécifique du corps humain, on peut déduire la quantité de calories fournies au récepteur calorimétrique par le refroidissement, et ce sont les chiffres ainsi corrigés qui ont été inscrits au tableau d'observations. Les corrections dues au refroidissement n'acquièrent une importance réelle que pour des enfants d'un poids inférieur à 2 kil. 500. Ceux d'un poids supérieur ne se refroidissent pas, ou tout au moins d'une quantité très petite, 2 à 3 dixièmes au plus, et il est impossible dans ce cas de déterminer si l'abaissement constaté est dû à un refroidissement local plutôt qu'à un refroidissement général. Dans quelques cas exceptionnels il y a eu élévation. Les enfants de 6 à 10 kil. principalement ne se refroidissent pas : 1° parce que le refroidissement varie en raison inverse du poids de l'enfant ; 2° parce que dans un espace délimité ces enfants dégagent au point de vue absolu une quantité plus grande de calorique qui maintient autour d'eux une température supérieure, même après cette correction. Les chiffres donnés par quelques enfants de 1,700 à 1,800 grammes, sont encore très forts, 7,400, 7,800, 8,000 calories. Ces chiffres indiquent réellement la production de calories pendant l'observation, mais ils ne peuvent nous permettre d'en tirer le nombre de calories produites dans les vingt-quatre heures.

Car ce chiffre élevé trouve encore son explication dans le refroidissement de l'enfant, non plus par suite d'une perte de chaleur exagérée, mais par une production supérieure à la normale.

Lorsqu'un animal se refroidit rapidement, qu'il perd beaucoup de chaleur, il en produit plus qu'à l'état normal. Le sys-

tème nerveux cherchant à compenser les pertes produites, détermine une hyperproduction de chaleur, et cette augmentation persiste quelque temps encore après la cessation de la déperdition exagérée de chaleur. M. d'Arsonval (1) avait reconnu ce fait en prenant avec son appareil à température constante des mesures calorimétriques sur des lapins aspergés d'eau froide.

M. Ch. Richet (2), dans des expériences analogues, a trouvé chez le lapin, mouillé puis séché soigneusement, une augmentation de 12 0/0. M. Fredericq (3), expérimentant sur lui-même l'action de l'air froid pour la production de l'acide carbonique, trouve également une augmentation de 13 0/0 de l'acide carbonique exhalé.

Pour mettre en évidence l'influence de la taille sur la production de calorique, il suffit de comparer les quatre tracés inscrits dans le graphique suivant :

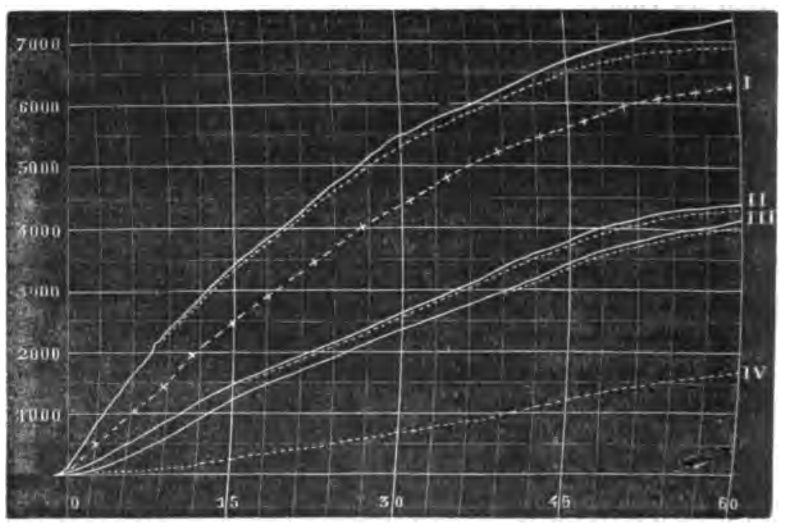


Fig. 9. — Les ordonnées verticales indiquent en minutes le temps écoulé depuis le début de l'expérience. — Les ordonnées latérales représentent la quantité d'eau écoulée à un moment donné (35 centimètres cubes par parallèle). — Toutefois les chiffres de gauche obtenus en multipliant le nombre de centimètres cubes d'eau écoulés par 67, constante adoptée dans les expériences d'une heure, n'indiquent que la quantité de calories dégagée à la fin de l'expérience.

Les tracés I, II, III, ont été obtenus directement à l'aide de l'appareil enregistreur à vase compensateur décrit dans le chapitre II, et se rapportent à des

(1) D'Arsonval. *Bul. Soc. de Biol.*, 27 décembre 1884.
(2) Ch. Richet. *Soc. de Biologie*, 13 décembre 1884.
(3) Fredericq. *Régulation de la temp.*, arc. de biologie belge, 1882, fasc. IV.

enfants de 2, 4 et 7 kilogrammes. Quant au tracé IV, il est calculé d'après les chiffres admis pour l'adulte par les auteurs qui ont déterminé par des procédés divers la quantité de chaleur fournie.

La lecture même du graphique indique les défauts de la méth[illegible] trante, car j'ai dû, pour les rendre comparables, modifier co[illegible]ablement ces traces, le premier surtout; il faut tenir compte de l'influence de modifications de température de l'air extérieur sur le matelas d'air de la double enceinte, influence qu'il est rarement possible de supprimer complètement.

Dans le tracé I de ce tableau, la ligne pleine donnée par la plume correspond à un certain nombre de centimètres cubes d'eau écoulés qui sont les suivants.

15 minutes.....	104 centimètres cubes écoulés.
30 —	184 —
45 —	200 —
1 heure........	213 —

Mais pendant la durée de l'expérience, la température de la pièce s'est élevée graduellement et la lecture du thermomètre donne :

		Cent. cube à déduire.
10 minutes avant l'observation....	23	..
au début de l'observation......	23.1	..
15 —	23.0	3
30 —	23.3	6
45 —	23.3	6
1 heure —	23.5	12

La correction due à la température est indiquée par la ligne pointillée, il faut noter que l'inscription se faisant par kilogramme d'enfant, et le sujet étant de 2 kilog., toutes les corrections comme la quantité totale d'eau tombée citée plus haut, doivent être divisées par 2.

La courbe ainsi rectifiée donne encore un chiffre trop élevé. Outre la production de chaleur, le graphique inscrit aussi la quantité de calorique cédé par refroidissement. La température rectale indique en effet un abaissement de 0,5 dixième, soit une perte de 500 calories par kilog.

Quoiqu'il soit impossible d'enregistrer directement la courbe, après la correction du refroidissement on peut, d'après, les observations citées antérieurement et faites sur des enfants placés dans les mêmes conditions, tracer une courbe schématique qui doit s'écarter fort peu de la courbe réelle.

Pour les enfants plus âgés, ayant donné les traces I, II, il suffit de faire la correction due aux modifications de la température extérieure.

V. — Hypothermie et Hyperthermie.

Tous les pathologistes et les physiologistes s'accordent à regarder la fièvre comme une hyperthermie, et M. le professeur

Jaccoud a donné une définition complète et précise de ce processus morbide.

« La fièvre est un état pathologique constitué par l'accroissement de la combustion de la température organique. Parmi les autres phénomènes de cet état morbide, les uns dépendent de cette anomalie première et fondamentale, les autres sont variables et incertains, seule l'élévation de la température est constante et immuable, au point qu'elle suffit pour spécifier et définir la fièvre (1). »

Mais si tous les auteurs admettent, avec quelques modifications que la fièvre est caractérisée spécialement par une élévation durable de la température, les opinions varient beaucoup lorsqu'il s'agit d'expliquer cette élévation thermique.

La constance de la température normale tient à l'équilibre établi par l'appareil régulateur entre la production de calorique par rayonnement ou évaporation. — Dans la fièvre il y a rupture de cet équilibre, l'observation thermométrique l'indique clairement, mais les variations sont elles dues à une diminution dans la déperdition ou à une exagération dans la production.

Ces deux opinions ont été soutenues et on peut réunir en trois groupes les hypothèses et les théories construites pour expliquer l'hyperthermie.

1° La production de chaleur reste normale, mais les pertes qui se produisent par les surfaces pulmonaires et cutanées sont diminuées. — C'est la théorie par rétention.

2° Les pertes de chaleur ne sont pas modifiées, mais la produc- de calorique est notablement accrue.

3° Une troisième théorie éclectique admet l'augmentation simultanée, mais inégale de la production et de la déperdition de calorique, de telle sorte que les pertes même augmentées ne suffisent plus à maintenir l'équilibre de la température.

M. Traube (2) s'arrêtant principalement sur le premier stade de la fièvre, le *frisson*, explique la fièvre par une rétention, une accumulation de la chaleur normale. Sous l'influence de la cause pyretogène et par l'intermédiaire du système nerveux, il se produit une constriction des vaisseaux périphériques, diminuant la

(1) Jaccoud. Traité de Patho. int. II, p. 88.
(2) Traube. *Zur fieberlehre*. Medic. centralzeitung, 1863-64.

quantité de sang qui circule sous la surface cutanée amenant le refroidissement de cette surface et par suite une diminution du rayonnement externe.

Or la quantité de chaleur produite restant constante il doit se produire une élévation thermique centrale « d'autant plus forte, dit Traube, qu'à la diminution dans la perte par rayonnement vient s'ajouter la suppression de l'évaporation cutanée, source puissante de déperdition de calorique.

La théorie de M. Traube a le tort pour expliquer l'élévation thermique centrale, de s'appuyer sur un stade particulier de la fièvre, le stade de frisson. Or, le frisson est toujours précédé d'une augmentation de chaleur, et il ne se produit généralement que lorsque la température a atteint 39° et 40° (Jaccoud). Enfin, dans un grand nombre de cas il peut manquer. — « Dans l'opération organique qui constitue la fièvre, le frisson n'est qu'un épisode inconstant qui ne peut en aucun cas servir de base et de point de départ à une théorie pathologique (1).

Tandis que Traube cherche dans l'anémie cutanée du début de la fièvre la raison de l'hyperthermie, Marey (2) frappé du relâchement des vaisseaux périphériques dans l'état fébrile confirmé, admet « que l'élévation de température sous l'influence de la fièvre, consisterait bien plus en un nivellement de la température dans les différents points de l'économie qu'en un échauffement absolu. »

Cette théorie n'explique pas l'élévation que l'on constate en prenant les températures centrales, rectales ou vagiales. Et les causes extrinsèques invoquées par M. Marey : les couvertures, les boissons chaudes, l'élévation de la température de la pièce sont loin d'être suffisantes, même quand on les rencontre, ce qui n'est pas toujours le cas.

Dix ans après Traube, Senator (3) reprend sa théorie en la modifiant, il y aurait d'après lui une faible augmentation dans la production de calorique, mais l'élévation thermique serait due à des diminutions périodiques dans la perte de chaleur.

(1) Jaccoud. *Leçons de Cliniques Médicales*, Paris, 1867, citées dans son *Traité de Pathologie interne*, t. I, page 97.

(2) Marey. Physiologie de la circulation, 1863, page 361.

(3) Senator. Untersuchungen uber den fieberhaften process und seine Behandlung. Berlin, 1873.

Cette théorie de la fièvre par rétention de chaleur a contre elle presque toutes les observations faites à l'aide de méthodes diverses sur les fébricitants. — Les modifications dans la production du calorique étant étudiées par le dosage des produits des oxydations génératrices de la chaleur (acide carbonique et urée) et les variations dans la déperdition par la méthode calorimétrique.

Le dosage de l'urée, résidu ultime de l'oxydation des albuminoïdes a été entrepris par un certain nombre d'expérimentateurs (1), Leyden, Ulrich, Rosenstein, Fouilloux, etc.

Les variations dans l'excrétion de l'azote ont une faible importance, puisque l'urée et les produits analogues n'indiquent que le 1/10 environ des oxydations totales. Les chiffres obtenus sont du reste contradictoires et les divergences s'expliquent en ce que l'on peut admettre que l'urée produite ne s'élimine pas aussitôt ou bien que l'oxydation des matières albuminoïdes n'atteint pas immédiatement son maximum et qu'il existe des produits d'oxydations intermédiaires qui ne se transforment que plus tard en urée.

Pour étudier comparativement les quantités d'urée émise par l'homme sain et le fébricitant, il est nécessaire de se placer dans des conditions identiques de régime, l'urée en effet, étant un produit de la combustion des matières albuminoïdes, il suffit chez l'homme sain de modifier son alimentation pour amener des variations du simple au double dans l'excrétion de l'urée (2).

(1) Récapitulation des travaux antérieurs à 1870, dans la thèse de Hirtz : *Essai sur la fièvre*, Strasbourg, 1870.

(2) Malgré les nombreux travaux entrepris sur ce sujet, nous avons repris, M. Richet et moi, cette étude des variations de l'urée d'après les modifications apportées dans le régime alimentaire. Ces recherches ont été poursuivies pendant deux mois sur un nommé S..., sur lequel MM. Richet et Hanriot étudiaient les variations des échanges respiratoires.

Parmi les causes diverses agissant sur l'excrétion de l'urée, une des plus puissantes est la quantité de boisson ingérée. C'est ainsi que S..., soumis à un jeûne *absolu* d'aliments et de liquide, excrète en 24 heures 6 grammes d'urée, soit 0 gr. 1 par kilogr., chiffre inférieur à ceux donnés par les auteurs. Mais le lendemain il absorbe 2,100 grammes d'eau et rend 32 grammes d'urée, soit 15 grammes d'azote, tandis que les aliments pris dans les 24 heures ne représentent que 12 grammes d'azote. Il s'est donc produit sous l'influence du jeune des boissons une rétention passagère d'urée dans l'organisme, suivie d'une véritable débâcle d'urée à la suite de l'absorption d'une quantité considérable de liquide.

Dans les expériences comparatives entre l'homme sain à jeun et le febricitant, il faut tenir compte de ce fait que le malade boit beaucoup.

En comparant les chiffres d'urée excrétée par l'homme sain observant une diète rigoureuse et un fiévreux, on trouve généralement une augmentation parfois considérable pour ce dernier.

Tandis que l'homme sain élimine 0,50 en 24 heures par kilogramme, Hirtz trouve pour le febricitant : 1,10, 1,50, 1,80 (1).

Les variations dans l'absorption de l'oxygène et dans l'excrétion de l'acide carbonique ont donné lieu à de nombreux travaux. Parmi les plus importants on peut citer ceux de Liebermeister, Regnard, Colasanti, Senator, Wertheim, Butte (1).

Liebermeister dans ses observations sur un malade atteint de fièvre intermittente, a trouvé que le contenu proportionnel d'acide carbonique dans l'air est diminué. Cette diminution de 10 0/0 environ, est due à la plus grande fréquence des mouvements respiratoires ; la quantité absolue pour une période donnée est au contraire augmentée de 20 à 30 0/0. Nous citons une de ses observations faites sur un homme de 62 kilogr. atteint de fièvre tierce. Les chiffres indiquent l'acide carbonique en grammes.

Heures.	Période de chaleur.	Apyrexie.	Période de sueur.	Apyrexie.
0 h. 30'	20 gr. 7	13 gr. 8	19 gr. 6	16 gr. 1
1 h. 00'	19 2	15 0	17 8	17 0
1 30'	19 0	14 6	18 8	16 0
2 00'	18 7	14 7	17 3	16 0
Totaux.	17 gr. 6	58 gr. 1	73 gr. 5	65 gr. 0

Pendant la durée de l'observation faite dans la période de chaleur (2 heures) la température s'était élevée de 39 à 40°5.

Dans la troisième observation stade de sueur elle avait baissé de 40 à 38°3 dans le même laps de temps (2 heures). L'excrétion de l'acide carbonique dans la première observation a donc augmenté de 31 0/0 sur la seconde observation.

Cette augmentation n'est plus que de 20 0/0 dans les deux autres.

(1) Hirtz. *in Loc. cit.*, page 45.

(2) Liebermeister, *Handbuch der path. und therap des fiebers*, Leipsig, 1875, p. 327 ; Regnard, *Recherch. expérimentales. Thèse*, Paris. 1873, Colasanti, *Arch. fur Gesammte Physiologie*, t. XIV, p. 125 ; Wertheim, *Maly's Jahresbericht*, t. XI, p. 387 ; Butte, *Recherches sur les variations de l'exhalation de l'acide carbonique. Thèse*, Paris, 1883.

M. P. Regnard dans un travail important sur la respiration (1), qui fait l'objet de sa thèse inaugurale, étudie les modifications des échanges gazeux dans les fièvres de différents types, et il établit que :

1° Dans les fièvres franches et les inflammations aiguës la consommation d'oxygène est augmentée et l'exhalation de l'acide carbonique l'est également, mais dans des proportions moindres. Le quotient respiratoire $\frac{CO^2}{O}$ varie entre 0,5 et 0,6 au lieu de 0,8 chiffre physiologique.

2° Dans les fièvres lentes hectiques les combustions sont encore augmentées, mais moins que dans les fièvres franches l'exalation de CO^2 est moindre encore par rapport à l'oxygène.

$$\frac{CO^2}{O} = 0,5.$$

3° Dans les cachexies il existe une diminution dans l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique sans modification du quotient respiratoire.

$$\frac{CO^2}{O} = 0,7 \text{ et } 0,9.$$

Un autre procédé pour démontrer l'augmentation des combustions totales consiste à évaluer les pertes de poids journalières éprouvées par le fébricitant et de les comparer à celles subies par un homme sain et soumis aux mêmes conditions de régime alimentaire et d'activité musculaire.

Nous devons encore à Liebermeister une série complète d'observations prises sur 23 malades. Nous ne citerons que ses conclusions : les pertes insensibles sont augmentées pendant la fièvre et la comparaison des pertes pendant les fièvres intenses aux pertes à l'état normal donne une proportion de 40 0/0 en faveur de l'état fébrile; mais d'autre part, la perte de poids ne serait que de 7 gr. par kilog. Or les expériences de Ranck sur l'homme tendent à faire admettre une perte de 15 gr. par kilogramme dans l'inanition.

La perte de poids dans la fièvre serait donc moitié de la quantité perdue dans l'inanition.

(1) Regnard. *Recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires*. Th. Paris, 1873.

Cette différence s'explique par la rétention de l'eau des excrétions chez le fébricitant.

D'autre part, Weber a trouvé chez les fébricitants une perte de 30 à 44 gr. par jour, tandis que des individus sains, soumis à la diète ne perdaient que 23 à 30 grammes.

Les expériences sur les chiens donnent les mêmes résultats.

Les résultats obtenus par ces diverses méthodes tendent en général à établir que, dans la fièvre, il y a production exagérée de calorique.

Les recherches de calorimétrie directe pour étudier sur l'homme malade les modifications de la déperdition de calorique sont peu nombreuses et jusqu'ici nous ne connaissons que celles de MM. Leyden et Liebermeister (1).

Les procédés de ces observateurs ayant été exposés dans l'historique, je me contenterai de donner les recherches faites sur les fébricitants.

Une première série de recherches faites, — la jambe étant nue dans l'appareil, — sur l'homme sain, sur un phthisique, sur un typhique et sur des malades atteints de *febris recurrens*, prouvent que la perte de chaleur dans la fièvre est bien plus forte qu'à l'état sain, à 40° la perte peut être près du double de la quantité normale.

La quantité perdue n'est pas dans la fièvre proportionnelle à la température. C'est au début de l'accès et non lors du summum de la fièvre que cette quantité est la plus considérable.

Une seconde série a été faite sur le membre recouvert de façon que les pertes répondent à des conditions normales.

Pour l'homme sain, le calcul montre qu'en une heure la perte est de 0,12 calories soit pour tout le corps en 24 heures (2.240,000 calories, soit 44,3 calories par pouce carré de la surface.

Dans la fièvre la plus intense la perte de calorique s'élève moitié plus, et deux fois plus qu'à l'état normal; la perte est surtout considérable dans le stade critique, la quantité de calorique perdue s'élève à 3 fois la normale.

(1) M. Weber a donné, dans sa thèse *Des conditions de l'élévation de température dans la fièvre*, Paris, 1872, une analyse très complète des recherches de Leyden et de Liebermeister.

Liebermeister, introduisant un fiévreux de 39 kilogrammes dans le bain, constate que la quantité de calories cédée à l'eau est de 172,000, en prenant 0,83 pour coefficient calorique du corps humain on devrait trouver un abaissement de température de

$$\frac{172,000}{39 \times 0,83} = 5^{\circ}3,$$

Or cet abaissement n'est que de 2°,1 — l'écart a été comblé par une augmentation de production égale à $830 \times 39 \times 3,2 =$ 103,750.

Liebermeister emploie des bains à divers degrés et obtient des résultats très différents suivant les températures de l'eau. La différence entre la quantité de chaleur dégagée par l'homme sain et l'homme malade, suivant la température du bain, s'atténne à mesure que les bains deviennent plus froids.

D'après les résultats de ses expériences, Liebermeister (1) admet qu'un fabricitant, pour conserver sa température, doit augmenter sa production de chaleur.

Pour 1° de.........	6 0/0
2° de.........	12 0/0
3° de.........	18 0/0
4° de.........	24 0/0

Ainsi d'après Liebermeister l'augmentation dans la production de chaleur chez le fiévreux suivrait exactement une progression arithmétique.

J'ai signalé au commencement de ce mémoire les critiques soulevées sur la méthode de Leibermeister; il était donc des plus intéressant d'utiliser le calorimètre à air pour l'étude des modifications de la radiation thermique dans les différents processus pathologiques.

Malheureusement les dimensions d'un appareil déjà très volumineux pour un calorimètre rendent cette étude impossible sur l'adulte et même sur les enfants d'une certaine taille. Quoique présentant une capacité de 1,500 litres, l'œuf calorimétrique ne permet pas de prendre des observations dans des conditions fa-

(1) Tableaux cités in Lorain. Loc. cit.

vorables chez des enfants pesant plus de 10 kilog., au delà de ce poids, la quantité de chaleur absolue que dégage l'enfant élève la température du milieu d'une façon notable. Cette élévation de la température a encore pour effet d'empêcher la condensation de la vapeur d'eau exhalée sur les parois de l'œuf, de sorte que l'enfant se trouve dans un milieu artificiel, tant au point de vue de la chaleur que de l'état hygrométrique, et qu'il entre rapidement en transpiration. On comprend qu'il est impossible de tirer des conclusions d'expériences entreprises dans ces conditions.

La nécessité de prendre des jeunes sujets a forcément limité mes recherches, et je dois signaler dès maintenant les lacunes regrettables que je n'ai pu aborder jusqu'ici.

Les états fébriles que j'ai étudiés étaient dus presque tous à des broncho-pneumonies, cette maladie si fréquentée dans les hôpitaux d'enfants. Je reconnais volontiers que la broncho-pneumonie est loin de réaliser un type favorable pour l'étude de la fièvre. Le frisson manque toujours ou passe inaperçu. Quand la maladie atteint un degré aigu, on rencontre tous les phénomènes d'asphyxie, dispnée intense, coloration blafarde de la peau, lèvres tuméfiées et violettes, rhytme respiratoire parfois doublé. Ce sont là certainement des conditions défavorables pour étudier le processus fébrile au point de vue de la thermogénèse, mais la broncho-pneumonie a aussi de grands avantages : la marche irrégulière de cette maladie, ses oscillations, permettent d'étudier sur le même enfant pendant une période relativement assez courte, les modifications de la radiation dans les différentes phases de pyrexie et d'apyrexie.

On voit souvent, en effet, chez ces petits malades après quelques jours d'une fièvre intense, tous les symptômes s'amender. La fièvre tombe, le pouls est moins fréquent, la dispnée disparaît, mais cette amélioration n'est le plus souvent que passagère, et les symptômes graves réapparaissent, amenant presque toujours, au moins dans les hôpitaux, une terminaison fatale (80 0/0 de mortalité dans la statistique hospitalière.

La même uniformité dans la cause morbide se rencontre dans toutes mes observations, prises sur des enfants présentant de l'hypothermie : ce sont tous de jeunes enfants arrêtés dans leur développement par la syphilis ou la tuberculose, et présentant pour

la plupart tous les symptômes de l'athrepsie. Ces malheureux enfants arrivent à l'hôpital dans un état de délabrement physiologique pitoyable. Leur appareil digestif fatigué et usé par une nourriture irrationnelle, se refuse à digérer le lait qu'on essaie de leur donner, et l'on retrouve dans leurs fesses, quand ils ne le rejettent pas par vomissements, la presque totalité du lait coagulé, mais inattaqué. On comprend que dans ces conditions la production de chaleur doit être très affaiblie, c'est ce qu'indique le tableau où sont résumées ces observations.

Pour juger de l'affaiblissement considérable des fonctions de la thermogénèse, chez ces petits malades, il faut comparer les chiffres du tableau avec les quantités de calories fournies pour un enfant sain de même poids :

Nos des Observat.	Maladies.	Température rectale.	Calories par K. et par H.	Poids en kilogr.
26	Tuberculose........	35.4	2,804	4.500
101	—	35.4	2,990	5.0
31	—	35.6	3,150	5.200
28	—	35.8	3,120	4.500
44	—	36.0	3,350	4.0
42	Syphilis...........	36.0	3,300	7.500
46	Tuberculose........	36.0	2,720	3,500
29	—	36.2	3,250	5,0
72	Pneumonie caséeuse.	36.2	3,140	7 0
102	Tuberculose........	36.4	3,300	6.0
74	Pneumonie caséeuse.	30.5	3,250	7.200
80	Tuberculose........	36.7	3,695	
77	Syphilis...........	36.8	3,250	3.5
115	Tuberculose........	36.8	3,690	7.0
106	—	36.8	3,500	7.0

En adoptant le chiffre de 4,300 calories comme chiffre normal pour un enfant sain de 6 kil. 500 à 7 kil. 500, on voit qu'il existe une diminution de 22 0/0 environ pour une température rectale de 36°5, et de 27 0/0 pour une température de 35°4. Ces chiffres sont un peu plus élevés que ceux donnés dans une note à l'Académie des Sciences, où j'avais pris le chiffre de 4,000 comme chiffre normal.

L'observation XXVI a été fournie par une enfant arrivée à la dernière période de l'athrepsie, Jeanne B., âgée de deux ans, couchée au lit n° 15 de la salle Sainte-Geneviève. Elle présentait en outre des lésions rachitiques accentuées.

Depuis deux jours cette enfant rejetait tout le lait qu'on essayait de lui faire prendre. La température qui le jour de son entrée, le lundi 10 juillet 1885, était à six heures du soir, 36,8, était montée le lendemain à 37,2, et elle avait donné au calorimètre 4,221 calories, chiffre normal (obs. XXV), et enfin le mercredi matin, à neuf heures, la température tombait brusquement à 35,4. La température axillaire était de 2 dixièmes plus élevée. L'enfant fut placée toute habillée dans l'appareil et parut s'endormir pendant la durée de l'observation.

La température rectale prise immédiatement après indiquait une augmentation de 1 dixième. La température axillaire au contraire, s'était abaissée de 2 dixièmes et se trouvait ainsi inférieure à celle observée dans le rectum.

A quatre heures l'enfant mourait; sa température n'a malheureusement pas été prise dans l'après-midi.

L'observation avait été faite dans d'excellentes conditions, la température de la pièce s'étant élevée de 17°05 à 17,45 dans l'espace d'une heure et demie.

Les vêtements qui recouvraient l'enfant étaient depuis une heure au moins sur elle, suivant la règle adoptée dans les observations faites sur les enfants avec vêtements; enfin, pour m'assurer de l'intégrité de l'appareil, je le mis immédiatement en communication avec le manomètre de contrôle, qui indiqua une dépression persistante pendant deux heures. Le refroidissement étant obtenu, je fis une nouvelle observation avec un enfant à température élevée à 38°5, et je trouvai 4,300 calories (obs. XXVII). Ce résultat pouvait me tenir lieu d'un nouveau contrôle.

Une observation (LXXVI) faite sur une petite syphilitique a donné un chiffre encore plus bas, 2,720.

Cette enfant, Henriette R., était entrée le 10 décembre 1886 dans un état de cachexie avancée, le corps couvert d'une éruption de nature syphilitique. Des ulcérations de même nature existaient sur les organes génitaux et autour de l'anus; enfin un écoulement nasal et une odeur fétide complétaient cette collection d'accidents syphilitiques. La malpropreté de cette malheureuse et les nombreux pédiculi qu'elle nourrissait, indiquaient les soins qu'elle pouvait avoir reçus dans sa famille.

L'auscultation ne révélait rien dans les poumons, le ventre était dur, ballonné et douloureux au toucher. Il existait une diarrhée verte depuis longtemps, disait la mère.

L'enfant était au sirop de Gibert et au lait. Une partie de ce lait passait sans être digéré.

La température axillaire était de 35,8, la température rectale étant de 36°. L'enfant fut introduite avec les précautions ordinaires. A la fin de l'expérience, la température axillaire était tombée à 35,4 la température rectale à 35,8. L'enfant s'était beaucoup agitée dans la première demi-heure, mais elle s'était endormie dans la seconde.

Deux jours après, une amélioration sensible s'était manifestée, le lait était mieux digéré, la température remontait à 36,8 et l'enfant donnait 3,350 calories (obs. LXXVII). La mère, malgré l'avis contraire, voulut reprendre son enfant, et l'observation ne put être poursuivie.

VI

La seconde série d'observations comprend des températures fébriles et sont prises sur des enfants atteints, pour la plupart, de broncho-pneumonie.

Nos des observat.	Maladies.	Température rectale.	Calories par K et par H.	Poids en kilogr.
107	Broncho-pneumonie.	38.2	4,300	7.400
120	—	38.2	4,154	7,0
14	Tuberculose........	38.2	4,460	7,500
118	Broncho-pneumonie.	38.2	4,457	6.0
116	—	38.4	4,200	7.0
49	Varicelle...........	38.5	4,087	7.600
61	Pleurésie..........	38.5	4,355	6,000
108	Broncho-pneumonie.	38.7	4,350	5 000
109	—	38.7	4,400	7.200
114	—	38.7	4,221	7.000
20	Pneumonie.........	38.8	4,220	10.000
21	Broncho-pneumonie.	38.8	4,257	10.000
41	—	38.8	4,457	9.0
43	—	38.8	4,560	6.900
24	—	38.8	4,154	10.0
6	—	38.9	4,513	6.6
40	—	38.9	4,288	8.0
48	Varicelle...........	39.0	4,953	7.500
23	Broncho-pneumonie.	39.2	4,447	8.0
21	—	39.2	4,570	10.0
42	—	39.4	4,221	7.0
39	—	39.6	4,210	7.0
123	—	39.9	4,680	5.0
124	—	39.9	4,824	6.100
110	—	39.9	4,800	6.5
125	—	39.9	4,650	7.0
122	—	40.2	4,624	6.0
124	—	40.2	4,557	6.0
129	—	40.3	4,760	7.100
111	—	40.4	4,557	6.200

La température rectale indiquée est la température initiale, mais dans la majorité des observations il a été fait deux lectures. Chez les enfants de 6 à 10 kil., les deux chiffres diffèrent généralement fort peu.

Un simple coup d'œil jeté sur cette courbe indique une aug-

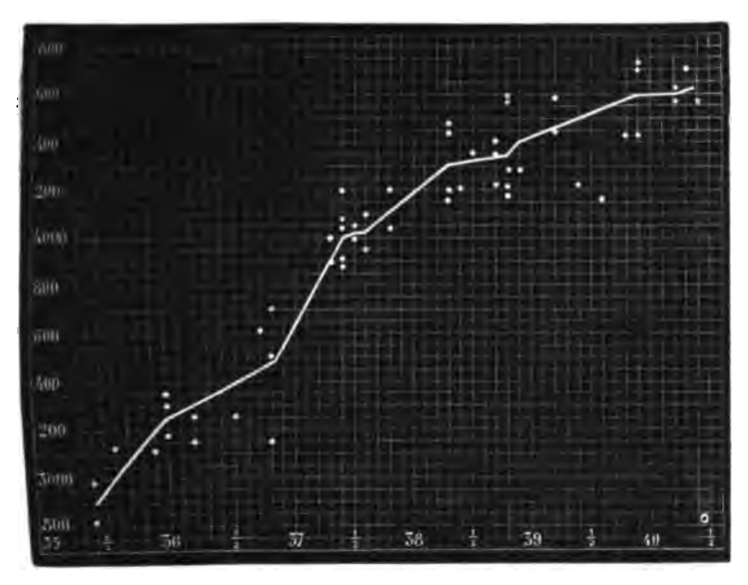


FIG. 10. — *Mesures calorimétriques se rapportant à des enfants sains ou malades de température différente.* — Sur l'ordonnée inférieure sont marquées les températures rectales correspondantes 35,5 à 40,5 — S. Sur l'ordonnée latérale, les quantités de calories produites par kilogramme. La courbe a été tracée d'après la moyenne arithmétique de ces différents points disposés en groupes homogènes.

mentation graduelle de sa production de calorique, correspondant à l'élévation thermique (1).

A 38.5	le chiffre moyen est de	4,300,	soit une augmentation de	10 0/0
39.5	—	4,500,	—	12 0/0
40.5	—	4,600,	—	15 0/0

Mais si on réunit les observations prises sur un même enfant, on trouve que le rayonnement n'est pas toujours en rapport constant avec la température. Ainsi la petite Legrand, salle Sainte-Catherine, a été soumise dans le cours de sa broncho-pneumonie à 6 observations. (Une des observations a dû être négligée par suite de modifications brusques dans la température de la pièce où se trouvait le calorimètre.) Les cinq restantes donnent les résultats suivants :

(1) P. Langlois. Compte rendu Acad. des Sciences, 21 mars 1887. *De la calorimétrie chez les enfants malades.*

N°s.	Poids.		Température.	Calories.
39	8 k.	0	39.5	4,210
40	7	900	38.9	4,288
41	7	900	38.8	4,557
42	7	0	39.4	4,221
43	6	900	38.8	4,557

Chez cette enfant, atteinte d'une broncho-pneumonie qui devait l'enlever en quinze jours, la quantité de calories dégagée à 38,8, a toujours été supérieure à celle dégagée à 39,4 et 39,6.

Plusieurs séries d'observations faites sur des enfants en cours de broncho-pneumonie donnent des résultats analogues.

Enfant couché au n° 19 de l'infirmerie des Enfants Assistés.

Agé de 3 mois et pesant 4 kilog. Cet enfant envoyé en dépôt avait eu la nuit précédente des convulsions (?) d'après les renseignements donnés à la surveillante.

L'auscultation indiquait de nombreux râles sous-crépitants fins disséminés dans toute la poitrine. La température à midi était de 38.7. L'enfant placé dans le calorimètre s'est endormi immédiatement.

Résultat : 4,227 (obs. CXIV) à midi.

Le lendemain 2 février, les râles sont localisés principalement dans le poumon gauche. Quelques râles crépitants sous l'aisselle. La température qui s'était élevée la veille à 39.2 est de 38.4.

Résultat : 4,151 (obs. CXVI) à 11.30.

Le 4 février la situation ne s'est pas modifiée; pas de souffle. L'enfant est plus gai et cependant le dégagement de calories est plus considérable, 4,557, avec une température de 38°,2 (obs. CXVIII) à midi.

Le 5, même état. 38°,2 = 4,154 calories, observation faite à 8 heures.

Cet enfant avec une température nettement fébrile, 38.7 donne un chiffre plutôt inférieur au chiffre normal d'un enfant de sa taille et c'est quand l'amélioration se manifeste, qu'il donne un chiffre assez élevé.

Ces observations seraient en faveur de l'opinion de MM. Marey et Traube.

Signalons encore brièvement l'observation du n° 12. — Le 30 janvier, à 10 heures, la température est de 39.9, l'enfant présente une dyspnée assez intense, râles crépitants à droite, souffle léger, a la hauteur de la pointe de l'omoplate. 35 à 40 respirations par minute, 4,800 calories à 10 heures (obs. CX). A 2 heures, nouvelle observation (CXI). Température : 40.4 = 4,557 calories.

Le lendemain 31 janvier, la température est brusquement tombée à 37.4. Le souffle a disparu, il en est de même de la dyspnée et de la cyanose du visage. 4,300 calories (obs. CXII).

Le 1er février, l'état général est bon, la température est à 37.5 = 4,240 calories à 8 heures (obs. CXIII).

Le 5 février, la température qui depuis trois jours oscillait entre 37 et 38.2 monte brusquement le soir à 40°.05 et le 6 février, on trouve de nouveau tout le syndrome broncho-pneumonique et la température à 10 heures est de 40.3 = 4,690 calories (obs. CXIX).

Le 8 et le 9, la dyspnée augmente, la température reste élevée, avec une production de calorique considérable.

Le 9, 40.2 = 4,757 calories (obs. CXXIV).

Le jour même apparaît une erruption de rougeole et l'enfant était envoyée dans le service d'isolement. Elle mourait le lendemain avec une température de 43.3 (température prise avec deux thermomètres différents).

En résumant cette observation on trouve :

Obs.	110	39.9	4,800	30 janvier.
	111	40.4	4,557	30 —
	112	37.4	4,300	31 —
	113	30.5	4,240	1er février.
	119	40.3	4,690	5 —
	124	40.2	4,757	9 —

Dans cette série d'expériences, la quantité de calories dégagée quoique toujours supérieure au chiffre admis pour un enfant sain, n'augmente pas en raison directe de la température rectale observée. Le maximun ayant été atteint à 39,9.

Liebermeister avait signalé une pareille discordance dans les rapports entre l'exhalation de l'acide carbonique et l'élévation de la température.

Dans une série d'observations faites sur une jeune fille de 57 kilog, sujette à des accès de fièvre intermittente, il trouve 53,7 litres d'acide carbonique exhalé en 2 heures, la température étant de 37,2 et chez la même personne à 41°, il ne trouve que 56,9 d'acide carbonique, chiffre bien inférieur à ceux qu'il trouve généralement dans le stade de chaleur.

Une enfant atteinte de varicelle (obs. XLVIII et XLIX) et présentant une élévation de température notable, a donné des chiffres très inférieurs, 4,087 à 38° et 3,955 à 39. Cette enfant âgée de 5 ans ne présentait aucune autre maladie que cette éruption bénigne et les deux observations ont été prises l'une à 10 heures (XLIX). La première (XLVIII) à 2 heures, par une température extérieure de 14°.

Malgré les exceptions que nous venons de citer, l'ensemble des résultats indique que la production de calorique augmente avec la température. Cette augmentation dans la déperdition de

chaleur est assez faible, comme on voit; mais elle suffit cependant pour montrer que l'élévation thermique loin d'être due à une rétention *permanente* de calorique, provient d'une augmentation dans les combustions interstitielles.

Il existe en un mot une *corrélation directe* entre la température et la radiation, sans qu'on puisse établir une loi précise entre ces deux faits.

Conclusions.

I. Les mesures de la radiation calorique chez l'homme par le procédé du calorimètre à air présentent un double avantage: 1° d'être obtenues à l'aide d'un appareil très sensible, enregisgistrant les plus faibles dégagements caloriques; 2° d'être prises sur des sujets placés dans des conditions s'écartant de très peu des conditions physiologiques normales.

II. Les variations dans le rayonnement de la chaleur humaine sont dues à deux ordres de causes : 1° les unes indépendantes du sujet, variations atmosphériques, influence de l'heure et de l'alimentation, vêtements ; 2° les secondes inhérentes à l'individu, la taille, l'état normal et l'état morbide, l'activité du système nerveux.

III. La radiation thermique est fonction de la température extérieure, elle paraît atteindre son maximum d'activité chez l'homme nu vers 18°.

IV. Le rayonnement thermique passe dans un journée par deux maximums, l'un vers 10 heures, l'autre vers 3 heures, correspondant aux maximums signalés dans l'absorption d'oxygène.

V. Il existe une étroite relation entre la taille et la production de chaleur. Ainsi, un enfant de 7 kilog. perd par unité de poids 2 fois et demi plus qu'un adulte de 60 kilog., mais cette différence disparaît quand on compare les surfaces respectives des deux sujets. La perte de chaleur par unité de surface est constante, elle est de 8 microcalories environ par centimètre carré. Cette perte de calorie par unité de surface est fonction du tégument ou des vêtements, l'homme nu présentant un chiffre plus élevé que les animaux.

VI. Dans les maladies chroniques avec hypothermie, il y a diminution de production de calorique.

Cette diminution est de 20 0/0 à 36.5
— 25 0/0 à 35.5

Dans les maladies avec hyperthermie, il existe une augmentation sensible dans la production de chaleur.

Cette augmentation est de 10 0/0 à 38.5
— 12 0/0 à 39.5
— 15 0/0 à 40.5

Contrairement à l'opinion de quelques auteurs, la thermogénèse et la température paraissent être en corrélation directe dans les maladies.

Le propriétaire-gérant,

FÉLIX ALCAN.

Saint-Denis. — Imprimerie de CH. LAMBERT, 17, rue de Paris.

453

SUR L'ÉVOLUTION

DES

CELLULES GLANDULAIRES DE L'ESTOMAC

CHEZ L'HOMME ET LES VERTÉBRÉS

Par A. PILLIET,

Aide-Préparateur aux Travaux pratiques d'histologie de la Faculté de médecine de Paris.

(PLANCHE XXIII.)

Les travaux des micrographes sur l'estomac sont nombreux, quelques-uns sont célèbres. Pourtant, peut-être à cause de ce grand nombre de mémoires, les connaissances générales sur ce sujet sont un peu confuses. Pour ne parler que de l'estomac du fond, l'estomac à pepsine proprement dit, on reconnaît dans les glandes deux sortes de cellules, les cellules principales et les cellules bordantes, mais ces éléments sont pour tel auteur parfaitements distincts; pour tel autre ce sont deux stades différents pouvant se montrer sur la même cellule. Ceux même qui soutiennent ce dernier avis ne sont pas d'accord sur le stade qui débute le premier. Les cellules principales ne se ressemblent pas sur des animaux différents, et, sur un même animal, le chien, par exemple, elles sont vues granuleuses par l'un, claires et muqueuses par l'autre. Pour les variations physiologiques de ces cellules ainsi que des cellules bordantes, mêmes divergences malgré les brillantes études de Heidenhain. Le besoin d'appliquer immédiatement à la physiologie les données microscopiques a fait surgir un certain nombre de théories cherchant à expliquer par la structure des cellules leurs fonctions chimiques. Il ne reste debout de celles-là que les travaux remarquables de Nussbaum sur les granulations peptiques, qui sont d'ailleurs un point particulier de sa conception des éléments glandulaires à ferment. Les autres ont encore contribué à obscurcir ce point de la question.

Les cellules gastriques peuvent se présenter sous des états

très différents, qui ne sont pas encore reliés entre eux. C'est l'histoire de la succession de ces aspects que nous avons tenté en notant la forme et la structure des cellules glandulaires sur les différents points des follicules gastriques, chez un grand nombre de mammifères qu'il nous a été possible d'observer depuis quelques années déjà, dans des conditions normales et pathologiques assez variées. Nous avons ainsi essayé de nous faire de l'évolution de la cellule depuis son apparition jusqu'à sa mort, une idée générale où chacun des états différents constatés par les précédents observateurs et par nous-même, pût être fixé à sa place, dans l'ordre chronologique, et indiquer l'âge particulier auquel il répondait dans la vie de la cellule. C'est le tableau de cette évolution ainsi tiré des faits qui nous a fourni les lignes du schéma que nous allons esquisser dons les pages suivantes. Nous appliquerons ensuite ce schéma à l'interprétation de certains aspects, tant d'anatomie normale que d'anatomie pathologique, de façon à suivre d'aussi près que possible les cellules dans leurs métamorphoses. On voit par ce qui précède, que l'epithelium de revêtement de la muqueuse gastrique, et les cellules des glandes pyloriques ne nous occuperont que peu, et que nous parlerons surtout des glandes à pepsine (1).

A. — Historique.

L'histoire des découvertes successives faites sur ce sujet, exposée brièvement, mettra sous les yeux l'état actuel de la question et nous permettra d'entrer ensuite de plain pied dans la description des préparations. Pour plus de clarté, nous diviserons cet historique en trois périodes. Dans un premier espace de temps, de 1836 à 1869, on ne distingue dans les glandes gastriques qu'une seule sorte d'éléments, de grosses cellules granuleuses, que l'on appelle cellules à pepsine. Dans une seconde période, qui date de Rollett et de Heidenhain et qui se prolonge de 1870 à 1880; les cellules principales sont connues et distinguées des cellules bordantes; dans une troisième période un certain nombre d'auteurs cherchent à rétablir la

(1) Un grand nombre de nos préparations; celles qui portent sur des animaux de ménagerie, ont été faites avec des pièces provenant du Laboratoire d'anatomie comparée du Muséum, alors que nous étions Préparateur au Laboratoire d'Histologie zoologique sous la direction de M. le professeur Georges Pouchet.

conception de l'unité de l'élément glandulaire, en se basant surtout sur l'étude du développement des glandes et sur leur morphologie dans la série des Vertébrés. C'est avec ces derniers que nous nous rangerons, en profitant des découvertes qui ont été faites dans ces dernières années en cytologie.

En 1836, le docteur S. Boyd, en cherchant s'il existait ou non une membrane interne à l'estomac, au-dessus de la muqueuse, ne trouva point cette membrane qu'il cherchait, mais vit la muqueuse uniformément couverte de petits tubes, en forme d'alvéoles d'abeilles, qu'il décrivit et figura chez plusieurs espèces, mammifères, oiseaux, reptiles. On avait déjà vu l'ouverture des glandes, on avait signalé des amas folliculaires isolés, mais Sprott Boyd est le premier auteur qui ait vu la muqueuse de l'estomac entièrement recouverte de glandes en tube, du cardia au pylore. Dès 1838, Henle d'une part, Purkinje de l'autre, trouvèrent que ces tubes glandulaires étaient remplis de cellules, Wasmann un an plus tard, signala chez le porc l'existence des glandes pyloriques, en tant que glandes différentes des follicules du reste de l'estomac. Dans ces glandes de l'estomac du fond, on avait vu de grosses cellules arrondies très granuleuses, que Frerichs, dans son article «digestion» du Manuel de Physiologie de Wagner, appela « cellules à pepsine ». Dans la première édition française de Kölliker, en 1856, dans le grand ouvrage de H. Milne Edwards, en 1859, dans Lucien Corvisart, en 1862, comme dans Leydig, traduit en 1866, enfin dans tous les auteurs qui s'occupèrent des glandes de l'estomac, on ne voit mentionné dans l'estomac du fond, que cette sorte de cellule, ce qui s'explique facilement par les procédés de préparation employés à cette époque. Les leçons de Schiff, sur la physiologie de la digestion, éditées à Paris en 1867, résument dans un court aperçu sur la structure des glandes, les notions fournies par les auteurs précédents, notions que l'on retrouve encore exposées par Klein, dans l'article estomac du Manuel de Stricker, en 1870.

En cette année 1870 parurent les trois travaux de Rollet de Heidenhain, et de Ebstein, Rollet, dont le mémoire est très bien résumé dans la seconde édition française du Traité d'Histologie de Frey, distinguait dans les glandes de l'estomac du fond deux sortes de cellules : les delomorphes et les adelomorphes ; Hei-

denhain consacre la même distinction, sous les noms de cellules principales et de cellules bordantes, que son élève Ebstein, employa aussitôt et que l'usage a fait prévaloir. Ebstein étudie les cellules des glandes pyloriques avec une précision telle qu'aujourd'hui, on ne voit guère à ajouter à sa description ou à ses planches. De ces trois mémoires fondamentaux date la seconde période de l'histoire de l'Histologie de l'estomac; tous les trois reposent sur l'emploi de techniques nouvelles à cette époque, les coupes fines et les colorations, ce qui explique en partie leur importance. Il fut établi dès ce moment que, chez les mammifères le fond des glandes de l'estomac cardiaque était occupé par un revêtement formé de cellules cylindriques plus ou moins granuleuses, les cellules principales, que la portion supérieure était tapissée par des cellules très grosses, chargées de granulations, les cellules à pepsine de Frerichs; et que dans le milieu des tubes, dans la zone mixte, les cellules prismatiques occupaient l'axe du tube glandulaire, les cellules à grosses granulations ou bordantes étant rejetées en dehors et déterminant par leur saillie extérieure cet aspect bosselé, moniliforme, des glandes gastriques isolées, que l'on retrouvait dans tous les dessins antérieurs exactement faits. Rollett avait même vu les cellules bordantes se prolonger jusque dans le col de la glande, mêlées aux cellules épitheliales de la muqueuse; il avait vu les expansions membraneuses dont sont munies les cellules gastriques et qui contribuent à les fixer dans leur position. Heidenhain, en 1871, reprit et défendit contre Rollett quelques points de son mémoire.

En France, la thèse d'agrégation du professeur Farabœuf, sur l'Épiderme et les Épithéliums, contribua en 1872 à vulgariser ces faits. En 1873, le professeur Sappey inséra dans la seconde édition de son *Traité d'anatomie*, une description morphologique du tube glandulaire chez différents vertébrés, mais en s'en tenant à l'ancienne conception sur l'élément secréteur lui-même. Ch. Robin, dans son *Traité des tumeurs*, et dans l'article MUQUEUX, du *Dictionnaire encyclopédique*, le professeur Vulpian, dans ses leçons sur les vaso-moteurs, exposent les notions d'histologie déjà connues. En 1877, L. Edinger étudie la cellule gastrique chez les Poissons. Nussbaüm venait de faire paraître ses recherches sur les cellules à ferment, sur lesquelles nous aurons

à revenir en parlant de ses mémoires de 1878 et de 1882. Brandt, la même année, étudia l'estomac des embryons de porc, et constata que les deux sortes de cellules n'étaient pas encore différentiées sur des fœtus déjà développés. Citons encore à cette époque, les travaux de Herbert Watnec, de Syvale, parus en Angleterre et où ne se trouve rien de spécial sur l'évolution. Au contraire, la thèse de doctorat de Garel, en 1879, constitue un travail remarquablement étudié. Les cellules principales y sont regardées par Garel comme des cellules muqueuses; aussi ne les a-t-il pas retrouvées chez l'homme, où elle n'ont pas cet aspect, comme nous le verrons. L'évolution des glandes elles-mêmes, depuis les cryptes chargées de cellules et les entonnoirs glandulaires des vertèbres inférieurs jusqu'aux follicules complexes des mammifères, est là faite avec un grand soin et un grand esprit de synthèse. Nous aurons à revenir sur ce travail. Nussbaüm, en 1878, avec l'acide osmique comme réactif, localise la pepsine dans les cellules bordantes et annonce que les cellules principales sont purement muqueuses. D'où ce corollaire inévitable; pour lui la cellule qui remplit les glandes de l'estomac du fond des autres vertébrés est une cellule analogue à la cellule bordante. De leur côté, les physiologistes ajoutent des faits importants, Heidenhain (1879), montre que l'acidité du suc gastrique est constante et qu'elle n'est pas en rapport avec sa teneur en pepsine. Langendorff, 1879, cherchant l'époque d'apparition de la pepsine, trouve qu'elle se montre chez l'embryon humain dès le troisième mois de la vie intra-utérine. Langlet et Sewall (1880) trouvent que l'état granuleux des cellules, chez la grenouille et le triton, augmente pendant la digestion.

Nous entrons maintenant dans la période de synthèse. L. Edinger (1880), en examinant des débris de muqueuse gastrique retirés frais chez l'homme, encore adhérents aux sondes stomacales employées dans un but thérapeutique, confirme d'abord en général les réactions des cellules bordantes à l'acide osmique, comme les avait indiquées Nussbaüm. Pour lui, il existe, dans certains points, des formes de transition, en sorte qu'il se pourrait que la cellule bordante ou de revêtement, ne soit qu'une cellule principale modifiée. Trinkler, en 1884, dit aussi que les deux variétés des cellules de l'estomac du fond

sont identiques; les cellules bordantes étant les moins différenciées et proliférant pour remplacer les autres, comme il aurait pu s'en assurer dans le cas de lésions de l'estomac dues à l'alcool ou au phosphore. Ce sont les cellules bordantes qui sécrètent la pepsine. La même année, Ph. Stöhr, déjà connu par un mémoire sur les cellules caliciformes de la muqueuse gastrique; à la fin d'un second travail, se pose cette même question du rapport des cellules principales avec les cellules bordantes, mais il est moins affirmatif que Trinkler.

Langley, étudiant les granulations des cellules bordantes, se range à l'opinion de Nusbaum, et propose pour ces granulations le nom de mésostats. Il les regarde comme des corps pepsinogènes. Citons encore les noms de Toldt, de Küppfer, de P. Moschner et de P. Eissler, qui, tous se ressentent des idées générales de Nussbaum, exposés d'ensemble par cet auteur, dans un mémoire étendu, de 1882, sur la structure et la physiologie des glandes.

Dans la traduction française de l'embryologie de Kölliker, parue la même année, le professeur de Wurtzbourg, guidé par l'étude du développement des glandes gastriques, conclut avec Edinger, Stöhr, Toldt, à l'identité des deux sortes de cellules gastriques.

Enfin, dans son cours de 1884-1885, le professeur Ranvier, au Collège de France, expose l'ensemble de ces travaux, poursuit l'étude des cellules cardiaques et pyloriques dans la série des vertébrés, en ajoutant sur la forme et la disposition de ces cellules et des glandes elles-mêmes une foule de faits nouveaux, sur lesquels nous aurons à revenir au cours de cette étude.

Nous aurons à citer un certain nombre d'autres travaux traitant des points particuliers, nous nous bornons ici à un aperçu des faits les plus importants.

De cette étude, il ressort que nous devons étudier d'abord le développement des cellules gastriques; puis, après ce premier chapitre, la cellule principale elle-même. Notre troisième chapitre sera rempli par l'étude ce la cellule bordante. Nous regarderons ensuite l'estomac pylorique et quelques états pathologiques des cellules gastriques, avant de conclure.

Nous ne nous occuperons dans les pages qui suivent que de la morphologie des cellules, la morphologie du follicule glan-

dulaire se trouvant complètement faite dans les travaux de MM. Garel, des professeurs Sappey, Renaut et Ranvier.

B. — Développement des cellules glandulaires.

Sur un fœtus de mouton, de porc, de cheval, de 10 à 30 centimètres, la surface interne de l'estomac du fond est semée de saillies villeuses, à pointe effilée, comme les papilles du derme, qu'elles rappellent assez, composée surtout de cellules fusiformes ou étoilées, et recouvertes par une rangée unique de cellules prismatiques. Le basement membrane est extrêmement réduit ou n'existe pas. Les cellules offrant un noyau situé à la base de l'élément, au milieu d'une atmosphère cytoplasmique peu étendue, la plus grande partie du corps cellulaire est remplie par un mucus parfaitement hyalin. Au moment de la naissance, si l'on examine un estomac d'homme, de chien, de chat, ou de ruminant, on voit les espaces interpapillaires différentiés former des cryptes, puis des glandes véritables, fort peu profondes, à base très large, étalée, bourrées de cellules granuleuses, en même temps que les saillies de la muqueuse se régularisent, et deviennent de véritables villosités dont la hauteur égale à ce moment celle des glandes, mais qui vont diminuant très rapidement. L'aspect est alors exactement celui de l'estomac de la plupart des poissons et des batraciens. Seulement, la tunique musculaire et la sous-muqueuse ont une épaisseur beaucoup plus grande. Les cellules possèdent un noyau qui occupe leur centre, au lieu d'être refoulé à la base de l'élément comme tout à l'heure, elles ne sont plus prismatiques, mais globuleuses et un peu polyédriques. Elles ont toutes à peu près le même aspect; celui d'un granulé à grains moyens, régulier, d'une opacité moyenne. Cet aspect granuleux est du, comme pour les cellules du foie, par exemple, à un réseau cytoplasmique qui cloisonne un infiltrat, au lieu d'être refoulé par une masse muqueuse. Sur les carnassiers de quelques jours; tigre nouveau-né ou jeune chat; les glandes sont déjà plus allongées, et l'on distingue parfaitement, à un faible grossissement, un petit nombre de cellules bordantes, globuleuses, opaques et réfringentes, distribuées à la périphérie de chaque glande, et plus abondantes au niveau du col.

Les auteurs qui se sont occupés de cette question, Brandt,

Baginsky, Toldt, Kolliker, Coudereau, Ranvier, sont d'accord, malgré des différences de détails, pour admettre qu'au moment de la naissance la différenciation des cellules glandulaires de l'estomac n'est pas encore achevée. C'est là une question d'une réelle importance pratique, surtout pour l'enfant, comme l'ont montré les recherches de Coudereau. Nous venons de voir que ce développement de tissus et d'éléments n'est, comme le développement de l'organe lui-même, qu'une récapitulation d'états ancestraux. La cellule est d'abord prismatique et muqueuse, comme dans tout le reste du tube digestif; comme dans les bronches à cette période, en même temps qu'il n'existe pas de glandes, mais un essai simple et rudimentaire de multiplication des surfaces. Nous avons vu qu'à la naissance, l'estomac d'un mammifère tant au point de vue des cellules qu'au point de vue des glandes, car les deux choses marchent de pair, n'était pas plus différencié que ne l'est celui d'un triton par exemple. Retenons ce point que les cellules bordantes apparaissent à mesure que les glandes s'allongent, c'est un petit fait dont nous aurons à nous servir. L'estomac de l'homme et des ruminants a ses glandes plus longues et plus nettes que celui des carnassiers d'un âge correspondant, et en général, les grands animaux paraissent avoir une différenciation plus rapide; pourtant, sur des estomacs de nouveau-nés, nous avons surtout vu les culs-de-sac glandulaires fort petits remplis de grosses cellules globuleuses.

C. — Cellules principales.

Étude générale. — Il peut sembler bizarre que, dans un travail destiné à montrer l'identité des cellules principales et des cellules bordantes, nous décrivions à part chacun de ces éléments. Nous le faisons ainsi dans l'espoir d'être plus clair. Sur la coupe d'un estomac de chien normal, traité par l'acide osmique, ou coloré par l'hématoxyline, par les couleurs d'aniline, etc., on retrouve facilement les figures données par Heidenhain et par Ebstein, les cellules principales apparaissent en clair, limitant par leur surface libre la lumière du tube glandulaire, les cellules bordantes, sombres et fortement colorées, sont situées à la périphérie, et refoulent la paroi du tube glandulaire, qui apparaît ainsi bosselé de place en place. Pour la distribution réciproque de ces éléments, on peut, à l'exemple de Rollett,

diviser le tube glandulaire en quatre tronçons; un inférieur répondant au fond de la glande tapissée surtout par des cellules principales, un moyen où les cellules bordantes se mêlent aux cellules principales, et prennent, sur une coupe transverse du tube, l'aspect des croissants de Gianninzzi dans les culs-de-sac des glandes salivaires et un supérieur, rempli par les cellules bordantes. Le quatrième segment est formé par le col de la glande, où l'on peut rencontrer des cellules bordantes erratiques au milieu de cellules de la muqueuse.

Les préparations sont tellement nettes que, comme le faisait remarquer le professeur Ranvier dans son cours, on reste étonné du temps mis à constater ces faits. Les choses sont-elles aussi claires chez l'homme? M. Garel, dans sa thèse, déclare que « l'emploi de la primerose hématoxylique qui met en évidence avec la plus grande facilité les cellules à mucus intercalées aux éléments granuleux, lui a permis d'affirmer que ces cellules faisaient absolument défaut » dans l'estomac d'un supplicié. Il en conclut qu'il n'existe qu'une seule sorte de cellules chez l'homme, comme chez le mouton, la perche ou le brochet. M. Marfan, dans un mémoire tout récent, de 1887, se range à cette opinion et figure une coupe d'estomac humain où l'on ne voit représentée qu'une sorte de cellules. Les autres auteurs paraissent admettre que chez l'homme les choses se passent comme chez le chien, mais sans se prononcer d'une façon positive. Nous avons constaté la présence de deux sortes de cellules chez l'homme, dans le plus grand nombre des cas, sur des estomacs normaux. Soit qu'on injecte de l'alcool dans l'estomac, après la mort, comme l'a préconisé. M. Damaschino, soit qu'on choisisse en hiver, sur des sujets aussi frais que possible, les portions de la muquease qui répondait à la face antérieure, soulevée par le développement des gaz dans l'estomac, et isolée ainsi du contenu de l'organe, on peut voir assez aisément les détails dont nous allons parler, sur des coupes colorées par une des nombreuses couleurs d'aniline employées en technique, par l'action successive de l'éosine et du vert de méthyle, et surtout, par le picro-carmin, dont l'élection donne, dans ce cas particulier des résultats excellents.

Expliquons d'abord la divergence qui existe entre M. Garel et nous. Pour refaire l'observation de cet auteur, nous avons pra-

tiqué des coupes de l'estomac du fond d'un supplicié, très vigoureux. La pièce avait été fixée par le liquide de Muller. Après l'action successive de la gomme et de l'alcool, les coupes furent colorées à l'hématoxyline éosinée et montées dans la glycérine neutre. Nous avons fait dessiner (fig. 1) un point d'une coupe répondant à la seconde portion des glandes. On verra, du premier coup d'œil les deux sortes de cellules, à leurs places respectives, mais les cellules principales ne sont pas claires et muqueuses, elles sont au contraire, aussi opaques, aussi chargées du matériel coloré que les cellules bordantes elles-mêmes. M. Garel est donc exact en affirmant que chez l'homme il n'y a pas vu de cellules principales muqueuses; mais la présence du mucus de l'intérieur de ces cellules n'est pas un caractère constant.

Ces cellules existent avec leur caractère granuleux chez un grand nombre d'animaux. Dans d'autres publications sur les estomacs composés, nous les avons décrites chez le kanguroo (Pilliet et Boulart, Estomac de l'hippopotame, du paresseux et du kanguroo, *in Journal de l'Anatomie*, 1886), chez le dauphin (Boulart et Pilliet, Structure de l'estomac et du dauphin, *id.*, 1885), chez le phacochère où nous avons décrit leur transformation en cellules bordantes (Pilliet, *Soc. de biologie*, juillet 1886). Il existe donc deux types de cellules principales, les unes claires et muqueuses, c'est le type qu'a étudié Heidenhain chez le chien, les autres granuleuses et opaques, c'est le type que l'on rencontre le plus souvent. Il existe entre ces deux types extrêmes des transitions ménagées, et nous avons pu observer les cellules principales claires chez l'homme d'une part, et d'autre part, en trouver d'opaques chez le chien.

Bour bien comprendre les divers états de ces éléments, nous leur reconnaîtrons deux stades; nous étudierons d'abord les cellules qui remplissent le fond des glandes, et qui sont petites, prismatiques et serrées, puis celles qui viennent au-dessus, dans la seconde région, la zone mixte, et sont mêlées aux cellules bordantes en plus grande quantité. Elles sont plus volumineuses et se rapprochent de la forme cubique.

1° *Stade.* — Nous avons fait représenter le premier stade des cellules principales dans l'estomac de l'homme (fig. 1). Étudions successivement leur siège, leur forme et leur contenu, car on

ne saurait trop chercher des signes permettant de caractériser un stade d'évolution éminemment transitoire par nature, et que l'observateur n'isole artificiellement que pour gagner en précision et en clarté. Les culs-de-sac des glandes gastriques un peu dilatés, un peu pelotonnés, clos par les cellules membraneuses de F. Boll, qui sont à ce niveau de la muqueuse plus petites et plus nombreuses, ainsi qu'en témoignent leurs noyaux, présentent à leur centre et sur les coupes transverses, une lumière assez large et circulaire, contrairement au col des glandes, où la lumière est réduite et même n'est que virtuelle. On voit, circonscrivant cette lumière, des cellules sériées, prismatiques et allongées, avec noyau petit, inférieur, c'est-à-dire situé à la base de l'élément. Ces cellules sont généralement allongées; elles peuvent dans certains cas prendre la forme cubique. Il n'y a pas, au-dessous d'elles, de cellules de remplacement, en sorte qu'elles se multiplient probablement par segmentation directe ou indirecte à ce stade; mais nous n'avons pas fait sur ce point de recherches particulières. Si nous attachons de l'importance à la forme prismatique de ces éléments, c'est que là se trouve leur seul caractère propre, avec celui tiré de leur situation et de leurs rapports dans les glandes. En effet, au point de vue du contenu, elles peuvent montrer des types variés, dans de certaines limites pourtant. Écartant le noyau, dont nous avons indiqué la place, nous ne parlerons que du corps cellulaire. Dans la grande majorité des cas, la cellule est prismatique, un peu courte, tendant vers la forme cubique, un peu moins allongée qu'elle ne l'est dans notre figure 1, et le corps cytoplasmique en avant du noyau est assez granuleux; les grains sont un peu réfringents, égaux, ce qui donne à l'ensemble un aspect homogène à un faible grossissement, et indique, d'autre part, la présence d'un réseau donnant lieu à cet aspect. Il résulte de ceci que les contours des cellules tendent à se confondre comme dans les tubes contournés du rein du cobaye par exemple. La lumière centrale des tubes est assez petite. Telle est la forme que l'on observe, remplissant assez haut les tubes chez l'homme, aux différents âges, chez le chat, le chien, le porc, le phacochère, le kanguroo, dans les cas que nous avons examinés. Nous verrons que, sur les animaux de même espèce, on peut rencontrer des formes variées. D'autres fois, la cellule prismatique ou cubique et écra-

sée est remplie d'un granulé beaucoup plus clair, et les cellules bordantes plus opaques et fortement réfringentes, se détachent de la façon la plus nette à la périphérie du tube glandulaire. Enfin, on peut observer une troisième forme muqueuse d'emblée, les cellules sont larges, se touchent et restent parfaitement incolores par les réactifs usuels. C'est cette forme que nous avons vue décrite chez le chien par Heidenhain dès 1870. Il est facile de s'assurer, avec un fort grossissement, que dans ces cas on n'a pas affaire à des cellules caliciformes vraies et typiques. En effet, abstraction faite du bord basal, du noyau et de la zone périnucléaire de la cellule, la portion la plus grande de l'élément est parcourue par un réticulum à contours irréguliers, toujours bien marqué.

La seule différence qu'il y a entre les différents aspects que nous décrivons, résulte donc seulement des rapports variables qui existent entre le réseau cytoplasmique et l'infiltrat, qui en remplit les mailles. Réseau serré à points nodaux saillants dans le premier cas, réseau plus grêle ensuite, et réseau lâche, irrégulier et diffus dans la troisième forme, que nous trouvons chez le chien et aussi dans l'estomac d'un enfant, sur une coupe faite à la limite des portions cardiaques et pyloriques de l'estomac. L'aspect muqueux des cellules dans ce cas est absolument semblable à celui qu'on trouve chez le chien normal, à ce point qu'on pourrait confondre les préparations.

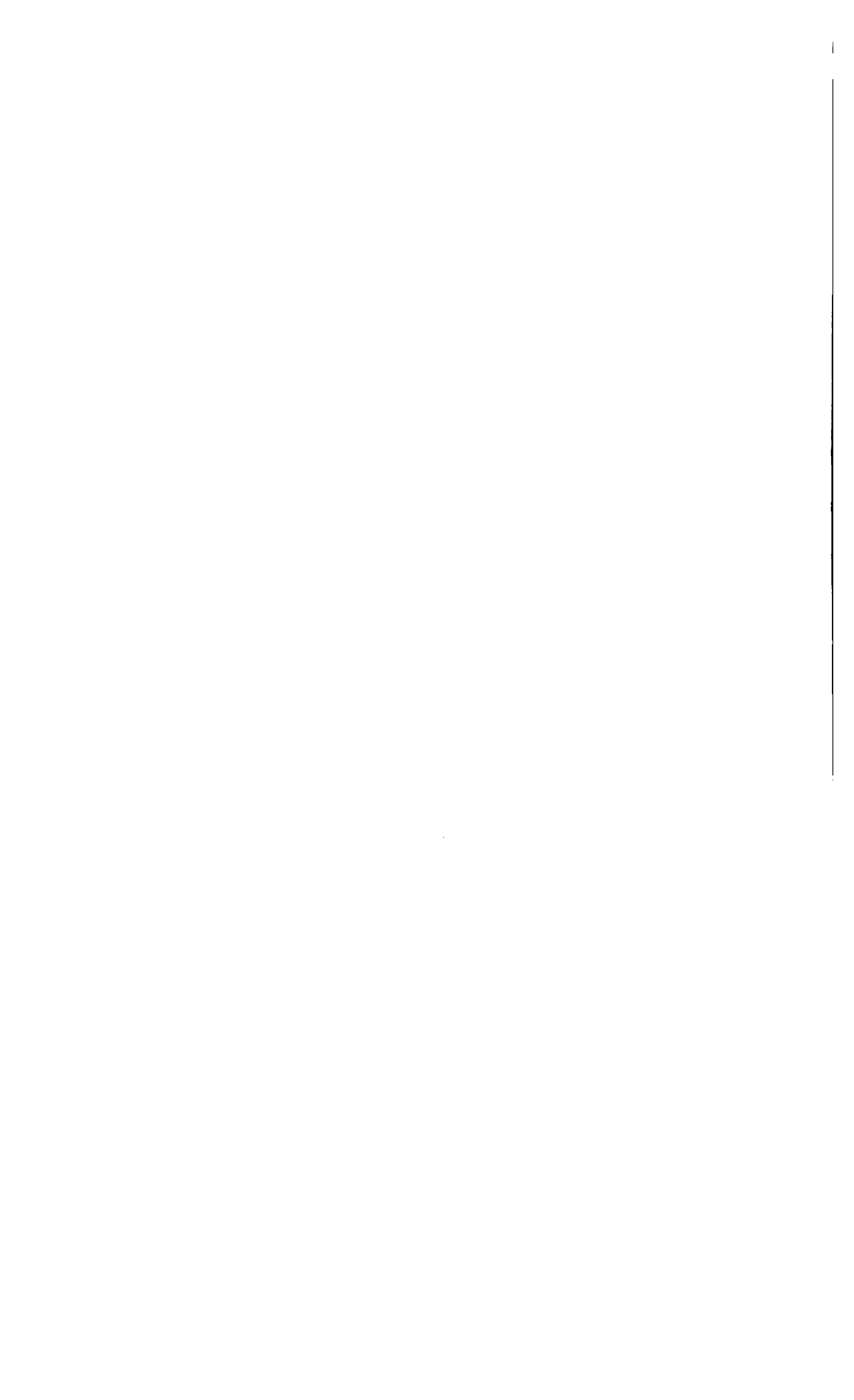
Les cellules prismatiques ou cubiques de ce type se prolongent assez loin dans le col des glandes. On les voit prédominer chez les jeunes animaux, chez les mammifères inférieurs, tels que le kanguroo. Elles sont très abondantes chez le lapin. Les Batraciens, avec leurs glandes en entonnoirs, courtes et écrasées, ne nous montrent qu'une seule forme de cellules, car on ne peut saisir sur un si court espace des différences d'évolution qui demandent un certain temps pour se produire. Mais chez les poissons, on trouve souvent les culs-de-sac glandulaires remplis de cellules prismatiques ou cubiques petites et serrées, qui se continuent insensiblement avec les cellules glandulaires types remplissant le reste des glandes, envers lesquelles elles jouent le rôle de cellules de remplacement. Nous les avons décrites sur un certain nombre de poissons de mer, observés au laboratoire de Concarneau en 1883, à une époque où nous ne pensions nullement à faire rentrer ces formes dans une vue d'ensemble (Pilliet, Structure du tube

digestif de quelques poissons de mer, *Soc. zoologique*, 1885).

Ce premier stade de l'évolution des cellules principales correspond, surtout dans sa forme muqueuse, aux cellules prismatiques claires du fœtus. L'accroissement du réseau albuminoïde paraît au contraire, d'après les cytologistes modernes, être un signe d'activité et de différenciation de l'élément. D'autre part, ce sont ces mêmes cellules dont le corps est à l'état de granulé clair, à réseau moins marqué, qui dominent dans les lésions chroniques de l'estomac, telles que la gastrite ultime des phthisiques, d'après les recherches de M. Marfan (1887) et différentes lésions chroniques de l'estomac où nous les avons pu retrouver.

2° *Stade.* Nous allons étudier maintenant le second stade de la cellule principale, en suivant le même ordre, siège, forme, contenu. Si l'on suit les cellules principales dont nous venons d'esquisser les traits généraux, en se dirigeant vers le col de la glande, on les voit s'aplatir et se renfler peu à peu, prendre une forme cubique et un peu globuleuse; leur noyau se déplaçant arrive même au centre de l'élément; le réseau augmente d'épaisseur et l'aspect granuleux s'accentue. Ces modifications s'observent dans le second tiers de la glande, dans la portion intermédiaire externe de Rollett, qui décrit ces différentes régions en allant de la tunique muqueuse vers la musculeuse. Les cellules principales occupent toujours l'axe des tubes; au dehors d'elles, les cellules bordantes, globuleuses et réfringentes, apparaissent ou se multiplient considérablement si elles existaient déjà. Ce point, en effet, varie beaucoup sur les pièces examinées. Leur siège et leur forme cubique, tendant vers l'aplatissement et l'élargissement, sont encore ici les deux seuls traits positifs qui les caractérise; pour le contenu, nous allons retrouver les mêmes détails que pour le premier stade de ces éléments.

Dans le cas où le premier stade des cellules principales montre des éléments granuleux; les cellules se continuent avec les mêmes caractères dans le second tiers de la glande. Nous aurons donc *mutatis mutandis*, un siège différent, une forme différente, un contenu semblable. Pourtant, les granulations du réseau albuminoïde sont plus marquées, en même temps que la cellule est plus volumineuse; elle peut être doublée de volume. Nous avons fait représenter ces éléments dans les figures 2 et 3. Plus tard, elles prennent les caractères des cellules bordantes d'une façon que

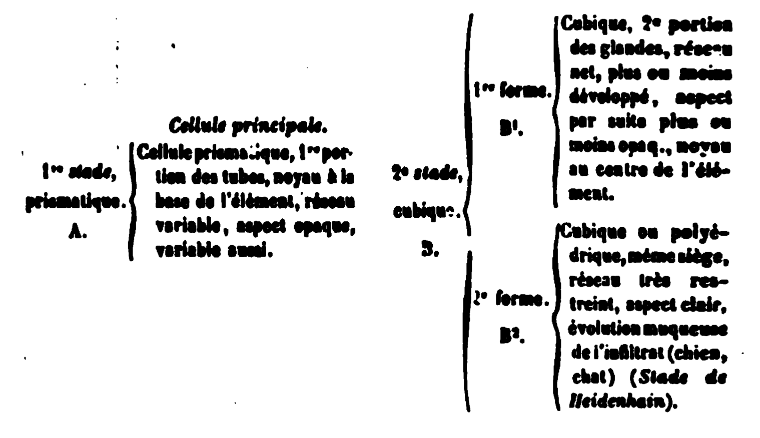


nous allons décrire tout à l'heure. Dans le cas où les cellules principales du premier stade sont peu opaques, peu granuleuses, celles du second conservent ces caractères, les caractères de situation et de forme qui sont modifiés par les rapports mêmes de la cellule peuvent changer, le caractère intime de la cellule commandée par l'état général de l'individu dont elle fait partie, ne change pas de nature. Ce fait, nous montre, en passant, que la durée d'évolution de ces cellules doit être assez rapide puisqu'elle s'accomplit toute pendant la durée d'un même état général donné, spontané ou provoqué, comme nous le verrons; sans qu'on puisse pourtant assigner des chiffres à cette durée d'évolution. Enfin, dans les cas où la cellule principale était muqueuse dans les culs-de-sac, elle conserve dans la seconde portion l'aspect muqueux. Seulement sur ses éléments resserrés par les cellules bordantes, le réseau cytoplasmique est un peu plus serré. On comprend que ces cellules qui formaient d'abord un revêtement prismatique, devenant globuleuses et poussées vers le col de la glande par la production de cellules jeunes nouvelles, présentent une plaque d'insertion effilée, en queue de raquette, dirigée vers le bord de la glande. Rappelons à propos de cette étude de cytologie que Heidenhain a vu le contenu de ces cellules devenir plus granuleux pendant la digestion. D'après lui les glandes se gonfleraient, les cellules se rempliraient de granulations, leurs contours se prononceraient. Nous ne pensons pas que ces modifications se produisent dans l'intervalle de deux digestions; nous croyons qu'elles demandent plus de temps pour s'accomplir, que c'est l'évolution plus lente des cellules qui donne les deux aspects différents signalés par Heidenhain; et dont le second répond à notre second stade. C'est pourquoi, de ces deux aspects nous faisons deux stades. Ce n'est pas une pure question de mots, la durée que Heidenhain assignait à l'évolution des cellules glandulaires était beaucoup trop courte, comme l'a montré depuis le professeur Ranvier. Chez un chien de trois mois et demi, de race Terre-Neuve, inanitié et mort au bout de treize jours (il était exposé au froid; les cellules principales étaient extrêmement diminuées de nombre au point que tout d'abord on n'en voyait point. Nous reviendrons sur ce fait à propos des cellules bordantes. Sur deux chiens soumis dans un but expérimental à des injections sous-cutanées de

morphine pendant deux mois, sur un autre empoisonné de la même façon avec de l'atrophine, les cellules principales étaient non plus claires et muqueuses, mais granuleuses comme on les trouve le plus souvent dans l'estomac de l'homme. Nous n'avons pas fait assez d'expériences pour être sûr du déterminisme de ces changements, nous nous bornons à signaler le fait. D'autre part, chez un enfant, nous avons pu trouver des cellules principales parfaitement claires. Il découle de ceci une proposition que nous croyons assez importante pour qu'on y insiste un peu ; c'est qu'une même cellule principale peut présenter l'état granuleux ou l'état muqueux, par simple modification des rapports réciproques du réseau et de l'infiltrat.

Nous avons pu nous assurer qu'il ne s'agissait pas là d'un fait particulier ; l'infiltrat peut dans des cellules granuleuses types, subir insensiblement la transformation muqueuse ; distendre les mailles du réseau, et former des gouttelettes qui se réunissent ensuite, comme dans une cellule caliciforme de l'épiderme par exemple. Les glandes œsophagiennes du triton crété sont démonstratives à ce point de vue : les cellules du fond de ces glandes en doigt de gant sont fortement granuleuses, et se teignent en jaune par le picro-carmin, en gris de lin par l'hématoxyline. Par des transitions ménagées elles se continuent au col des glandes avec les grandes cellules caliciformes de la muqueuse. Sur la couleuvre, il existe entre les cellules caliciformes prismatiques du revêtement muqueux et les cellules granuleuses du fond des glandes, une courte région tapissée par des cellules caliciformes en ballon, ce qui fait de ces follicules de véritables glandes mixtes, comme le remarque M. Garel. Ces cellules caliciformes sont des cellules glandulaires transformées. La cellule principale, prismatique, peut donc évoluer vers l'état granuleux ou vers l'état muqueux. Nous avons vu que cet état muqueux pouvait se trouver plus marqué chez l'homme au voisinage de la ligne de démarcation entre l'estomac du fond et l'estomac pylorique. Nous aurons à suivre plus tard la cellule principale ; mais nous pouvons dès maintenant résumer ses principaux caractères dans le schéma suivant, en spécifiant que, si l'on peut trouver chronologiquement les deux stades que nous indiquons sur la plupart des pièces, il en est où ces stades se confondent et où la cellule principale a le même aspect dans toute la portion des

follicules qu'elle garnit. Tel est le cas pour les glandes situées dans la portion gaufrée de l'estomac du chameau; dans la panse du kanguroo. Ces glandes sont revêtues de cellules polyédriques se montrant sur les coupes comme des coins à base périphérique, et remplies d'un granulé clair et régulier.



Cellule principale.

1ᵉʳ *stade*, prismatique. A.	Cellule prismatique, 1ʳᵉ portion des tubes, noyau à la base de l'élément, réseau variable, aspect opaque, variable aussi.		
2ᵉ *stade*, cubique. B.		1ʳᵉ forme. B[1].	Cubique, 2ᵉ portion des glandes, réseau net, plus ou moins développé, aspect par suite plus ou moins opaq., noyau au centre de l'élément.
		2ᵉ forme. B[2].	Cubique ou polyédrique, même siège, réseau très restreint, aspect clair, évolution muqueuse de l'infiltrat (chien, chat) (*Stade de Heidenhain*).

D. — CELLULES BORDANTES.

Étude générale. — Les cellules bordantes se voient du premier coup d'œil quand les cellules principales sont en transformation muqueuse; avec les réactifs qui ne colorent pas le mucus, les cellules bordantes arrondies ou triangulaires, très opaques, tranchent sur le fond clair des cellules principales et donnent des préparations à la fois démonstratives et élégantes. Quant les cellules principales sont opaques, il faut chercher d'autres caractères. En examinant à un faible grossissemont les préparations et en faisant varier légèrement le point, on verra que les cellules occupant la portion moyenne et surtout la troisième portion des tubes, celles qui arrivent au voisinage du col ont un éclat réfringent, un peu jaunâtre tout à fait particulier. Ces cellules ont aussi l'aspect homogène, surtout vers le col de la glande; elles sont globuleuses, appendues sans ordre apparent le long de la paroi du tube glandulaire, au lieu d'être disposées régulièrement en revêtement comme les cellules principales. Ces caractères constants et aisés à voir se retrouvent chez tous les mammifères, l'homme compris, que nous avons examiné à l'état de santé. Dans la portion moyenne des tubes, on peut avoir

de l'hésitation pour reconnaître les deux sortes d'éléments, car c'est précisément dans cette zone mixte que s'opère la transformation des cellules principales en cellules bordantes; mais en prenant un grossissement qui permette d'avoir dans le champ du microscope toute la hauteur des glandes sur une coupe perpendiculaire à la muqueuse; on saisit de suite ce que nous venons d'indiquer; rien qu'en comparant le cul-de-sac et l'embouchure des follicules. Nous décrirons aussi deux stades aux éléments de revêtement et cette distinction sera plus justifiée encore que tout à l'heure; en effet, il nous faut étudier l'apparition de cellules bordantes, puis leur disparition, leur mort. La première série de ces phénomènes se passe dans la portion moyenne, des tubes, la seconde à leur embouchure. C'est donc la disposition même des choses qui indique notre plan.

Examen de la phase de transformation dans les tubes glandulaires. — Sur une coupe bien faite dans les conditions que nous avons indiquées, chez presque tous les animaux examinés, surtout quand leurs cellules principales sont granuleuses, la zone moyenne ou mixte des tubes donne, examinée à un fort grossissement, des images semblables à celles que nous avons fait dessiner (fig. 2 et 3).

Sur l'estomac d'un jeune homme de dix-huit ans, mort en hiver, en état de mal épileptique, on voit (fig. 2) les cellules principales devenir cunéiformes, à base périphérique, puis leurs angles s'émoussent, elles sont plus volumineuses, globuleuses, chargées de granulations; mais ces granulations sont encore régulières et égales. Un pas de plus, et la cellule gonflée, arrondie ou ovoïde, prend l'éclat réfringent qui caractérise les cellules bordantes; en même temps que les granulations qui la remplissent deviennent plus volumineuses, elles s'amassent à la périphérie de la cellule, laissant entre elles et le noyau un espace plus clair, où la charpente vésiculaire disparaît, et qui présente précisément à son maximum cet éclat gras et luisant, caractéristique de la cellule.

Sur plusieurs estomacs d'adultes, morts de pneumonie ou d'autres maladies aiguës, on retrouve les mêmes faits. De même, sur des estomacs d'enfants ayant succombé au croup ou à des broncho-pneumonies. Ces transitions sont également visibles sur un estomac de supplicié. Sur les porcins et le phacochère,



les cellules bordantes, à mesure qu'elles se différencient refoulent la paroi glandulaire et se forment ainsi une petite logette dont le col est garni de cellules en voie de transformation. Ces dernières se continuent avec le revêtement des cellules principales. C'est ce que nous avons fait représenter (fig. 3) d'après des préparations déjà décrites par nous (*Soc. biologie*, juillet 1886). L'évolution qui se produit dans les glandes du nouveau-né est de tout point comparable. Sur le kanguroo, les glandes sont très étroites, il n'y a point de diverticules, et la transformation est évidente. — Ce stade ne se retrouve pas chez les Batraciens et les Ophidiens, dont les glandes sont très courtes et en entonnoir. Il est probable que les cellules gastriques, granuleuses, arrivent au col des glandes, et sont versées dans la cavité de l'estomac avant de subir la coagulation d'où résulte l'état réfringent de ces éléments.

Sur les coupes de l'estomac d'un protée, nous voyons les glandes remplies des mêmes cellules à granulations volumineuses qu'on retrouve chez la rana, le trito, le bufo, l'axalot. Mais, à cause du volume plus considérable des éléments, on peut voir dans un certain nombre de glandes, deux ou trois des cellules placées au col, montrer un réseau plus grêle, plus irrégulier, comme dissous dans l'infiltrat, qui présente l'éclat hyalin typique. Que l'on suppose une glande plus allongée, on retrouverait peut-être la même évolution que chez l'homme. Si l'on examine les poissons, on voit quelques traces de cette différenciation dans l'estomac des sélaciens, où les glandes sont très allongées et présentent un développement remarquable. Sur le squasina angelus; les cellules du col des glandes sont souvent beaucoup plus opaques que celles des culs-de-sac. Nous avons même trouvé un poisson, l'Engraulis lenchrassicolus (anchois) dont les glandes gastriques sont pelotonnées et enfouies assez profondément dans le chorion. Là, on voit les deux tiers inférieurs (sur une coupe verticale) des glandes remplis de cellules à granulations régulières, à contours peu nets, petites et serrées, le tiers supérieur étant rempli de cellules prismatiques ou en forme de coin, beaucoup plus grosses que les précédentes, opaques et réfringentes comme les cellules bordantes des mammifères. C'est donc uniquement à la forme des glandes, plus ou moins allongées, qu'il faut attribuer les différences que présen-

tent les cellules glandulaires chez les différents vertébrés, abstraction faite de l'évolution muqueuse dont nous aurons à reparler. Les glandes des Batraciens, celles des reptiles et des poissons, au point de vue de leurs cellules glandulaires, peuvent être assimilées à des glandes cardiaques de mammifères, tronquées au milieu de leur hauteur. Les glandes du fœtus, très courtes, nous l'avons vu, reproduisent ce type avec une absolue fidélité, il en est de même de celles du nouveau-né, et à mesure que l'on suit l'allongement des glandes chez le jeune animal, on voit apparaître successivement les caractères propres aux mammifères.

Rappelons ici que chez l'aï, chez le kanguroo, ces glandes gastriques sont plus étroites et plus simples que chez l'homme ou le chien par exemple.

Après cet examen de cellules bordantes dans la série des vertébrés, voyons leurs principaux caractères, au milieu des glandes et au col, et, pour cela, divisons cette étude en deux stades, comme nous l'avons annoncé :

1er *Stade.* — Nous étudierons successivement, comme nous l'avons fait pour les cellules principales, la situation, la forme et le contenu de ces éléments. Les cellules bordantes résultant de la transformation des cellules principales sont assez souvent situées au fond même des culs-de-sac ; mais elles y sont peu abondantes. C'est dans la seconde portion du tube qu'elles commencent à être le plus marquées ; et là, elles font saillie excentriquement au tube glandulaire, qu'elles revêtent, d'où leurs noms. Elles sont arrondies, globuleuses ou ovalaires, avec ou sans le prolongement basal que nous avons vu au deuxième stade des cellules principales ; et elles ne sont pas disposées en revêtement régulier autour de la lumière du follicule, mais dispersées d'une façon irrégulière, et séparées par des cellules principales qui rétablissent la continuité du revêtement. Le tube glandulaire est plus étroit à leur niveau, et va se rétrécissant jusqu'au col. Elles contiennent un réseau qui commence à devenir irrégulier, et se montre grêle par places, par dissolution réciproque du réseau et de l'infiltrat ; épaissi sur d'autres points. Ce sont, à notre avis, ces points épaissis du réticulum albuminoïde qui forment les granulations dont Nussbaüm a signalé l'importance, en même temps qu'il donnait le moyen

de les décéler par l'acide osmique. En même temps l'infiltrat remplit la cellule, qu'il gonfle et lui donne cette réfringence sur laquelle nous avons insisté.

Les noyaux de ces cellules sont souvent irréguliers et présentent par l'emploi de l'hématoxyline des figures analogues aux figures karyokinétiques; dans beaucoup d'éléments à ce stade, et c'est encore un de ses caractères, on trouve deux noyaux, comme dans les cellules hépatiques; soit que le fait soit plus facile à constater dans ces éléments volumineux que dans les cellules petites et serrées du fond des culs-de-sac, soit qu'il y ait a ce niveau un centre de formation de cellules constant. Les cellules principales, cubiques et serrées, qui remplissent jusqu'au col, dans un certain nombre de cas, les glandes gastriques, représentent le produit de cette division. Les cellules glandulaires ne sont donc pas poussées le long de la paroi, jusqu'au dehors du tube, par le développement des culs-de-sac, mais aussi par la multiplication des cellules échelonnées le long de la glande.

Ces cellules qui se colorent en brun par l'acide osmique, en jaune vif par le picro-carmin, en gris de lin foncé par l'hématoxyline, peuvent présenter une variété intéressante qui les rapproche des cellules principales; au lieu de cet infiltrat réfringent et coagulé, elles peuvent avoir un infiltrat muqueux, alors la cellule, conservant sa forme et son siège, n'a plus qu'une charpente réticulaire, grêle et irrégulière dont les mailles sont remplies par un liquide clair, qui ne se colore ni par l'acide osmique, ni par le picro-carmin, ni par l'éosine, mais que l'hématoxyline employée pure peut, dans certains cas colorer. On sait que ce dernier réactif, tantôt colore, tantôt respecte les mucus, sans qu'on soit encore fixé sur le déterminisme de ces variations.

C'est dans l'estomac du fond d'un chien adulte empoisonné d'une facon chronique avec de l'atropine, et tué après cessation du toxique depuis deux mois, que nous avons observé au plus haut degré cette variation. Les cellules principales sont plus granuleuses qu'elles ne le sont d'habitude chez le chien, les cellules bordantes sont, au contraire sur ces préparations très grosses, arrondies et vésiculeuses dans les culs-de-sac et dans la portion mixte des tubes; elles reprennent leurs caractères

normaux vers le col, mais en restant toutefois beaucoup plus claires que dans l'état habituel. Nous avons retrouvé dans un cas de gastrique chronique chez un calculeux cette altération vésiculeuse. Nous l'avons notée aussi sur plusieurs animaux; ces cellules vésiculeuses peuvent avoir l'aspect d'une cellule caliciforme. Nous l'expliquerions comme la transformation analogue de cellules principales, par l'évolution muqueuse de l'infiltrat.

2e *Stade*. Si l'on suit les cellules jusqu'au col des glandes, on les voit devenir de plus en plus globuleuses, puis à peu près sphériques ou ovoïdes. En même temps les granulations contenues dans leur intérieur diminuent, le réseau s'amincit et semble se fondre, la cellule prend l'aspect réfringent d'une goutte de gomme, en même temps que le noyau, sphérique et situé au centre de l'élément, devient de plus en plus petit et arrive à être punctiforme. A cet état, la disparition du réseau et la coagulation de l'infiltrat sont à peu près achevées, la cellule arrive au col de la glande, tombe dans la fossette de la muqueuse, où l'on retrouve un grand nombre de ces éléments englobés dans le mucus, sur les pièces fixées, dans ce but, à l'alcool absolu. Ainsi, le quatrième stade de la cellule gastrique est un stade de mort et d'élimination. Les cellules ainsi évacuées en assez grande quantité, jouent sans doute un rôle actif dans la digestion; car, s'il y a exagération évidente dans l'ancienne opinion de Küss qui admettait à chaque digestion la chute des cellules glandulaires, il n'en est pas moins vrai que l'élimination d'un si grand nombre de cellules doit avoir un but quelconque. Il serait peut-être intéressant de nombrer la quantité de ces cadavres de cellules ainsi englobés dans le mucus, dans l'état de digestion et chez les animaux à jeun ou inanitiés. Nous résumerons ainsi les deux stades de cellules bordantes.

1er *stade*, granuleux. C.	*Stade de Nussbaüm.* Cellules rondes, avec granulations, état réfringent, noyau prolifère, évolution muqueuse possible.	2e *stade* de coagulation. D.	Cellules rondes homogènes et réfringentes, noyaux atrophiés.

E. — Glandes pyloriques et épithélium de la muqueuse gastrique.

Glandes pyloriques. — Ces glandes forment des unités bien nettes, isolées les unes des autres par une charpente conjonc-

tive beaucoup plus marquée à l'état normal que pour les glandes cardiaques. Elles se développent dans cette charpente en culs-de-sac pelotonnés; la muqueuse paraît donc là plus épaisse et plus résistante que dans le reste de l'estomac; ceci est surtout vrai sur l'homme et sur le chien. Le col des glandes, la fossette muqueuse est aussi beaucoup plus allongée dans cette région; le tissu interstitiel peut y être fibroïde, ou plus ou moins chargé d'éléments lymphatiques et présenter alors l'aspect réticulé. C'est dans cette région que l'on rencontre à peu près toujours chez l'homme, le chien, le dauphin, etc., des follicules clos assez nombreux et formant non pas des amas sous-muqueux plus ou moins considérables, comme dans l'estomac du fond, mais de véritables follicules occupant toute la hauteur de la muqueuse; comme nous avons eu à plusieurs reprises l'occasion de le constater sur l'estomac de l'homme lui-même. Les cellules des glandes pyloriques sont prismatiques et claires; Ebstein les a décrites en 1870 dans un mémoire demeuré classique. Pourtant si l'on traite par l'acide osmique la muqueuse pylorique du chien on voit apparaître sur quelques glandes et dans le rang des cellules claires, une cellule isolée, quelquefois unique pour la glande, qui se colore en brun plus ou moins foncé par l'action de l'osmium. Ce fait signalé par Nussbaüm, concordait avec cet autre fait que la muqueuse pylorique n'est pas toujours aussi complètement dépourvue de pepsine que l'avait annoncé Schiff.

Le professeur Ranvier a reproduit dans son cours du Collège de France en 1884, les faits dont nous parlons; et a montré une série de préparations de contrôle très démonstratives. Chez l'homme, sur des estomacs de suppliciés ou sur des pièces fixées par le procédé du professeur Damaschino, on peut voir ces cellules sans l'action de l'acide osmique, avec les colorations par l'hématoxyline éosinée ou par le picro-carmin. En regardant une coupe passant par la limite des deux estomacs, on voit les glandes cardiaques se réduire, s'évaser, s'isoler; les cellules bordantes diminuent brusquement, puis cessent; et le cul-de-sac glandulaire n'est plus rempli que par des éléments prismatiques analogues aux cellules principales claires. Plus loin ces cellules sont étroites et allongées. Elles n'ont jamais l'aspect caliciforme ovoïde des cellules distendues par une goutte volumineuse de mucus collecté; mais elles offrent constamment, malgré leur

aspect clair, un réseau assez serré. C'est au milieu de ces éléments qu'on rencontre les cellules granuleuses, que nous décrirons d'un mot en disant qu'elles ressemblent aux cellules principales granuleuses et opaques, dans leur second stade, comme les cellules claires qui les entourent rappellent les cellules principales muqueuses du chien. Ces cellules occupent surtout la première moitié de la glande, la plus profonde; elles sont assez abondantes au voisinage de l'estomac du fond, et elles nous ont paru diminuer et disparaître à mesure que l'on se rapproche du pylore. Des coupes étendues de la ligne pylorique chez le chien ne nous en ont pas montré trace.

Les cellules de l'estomac pylorique peuvent manquer chez les mammifères. Nous citerons par exemple le kanguroo, où les glandes à pepsine s'avancent jusqu'au pylore. Chez d'autres mammifères tels que le dauphin, l'estomac pylorique est isolé de l'estomac cardiaque par un rétrécissement et forme une poche distincte. Chez les Batraciens on voit après les glandes à cellules claires des glandes à cellules granuleuses signalées par le professeur Ranvier au pylore de la grenouille. Les cellules pyloriques peuvent donc présenter le type clair et le type granuleux non seulement dans la même glande, mais aussi dans des glandes séparées, sur le même animal. Chez les poissons l'estomac pylorique forme un cul-de-sac assez marqué sur beaucoup de Téleostéens; on y retrouve les mêmes glandes en entonnoir que chez les Vertébrés supérieurs, mais leur partie profonde n'est pas glomerulée. — Chez beaucoup de Sélaciens l'estomac pylorique n'existe pas; il en est de même chez les poissons téléostéens qui sont dépourvus de glandes gastriques proprement dites.

Les oiseaux n'ont pas en général de glandes pyloriques à grosses cellules muqueuses; mais les cellules sont au contraire petites, cubiques et serrées (Pillet, *Soc. Biologie*, 1886); elles secrètent le mucus particulièrement concret qui forme la couche cornée du gésier. Notons qu'on retrouve cette couche cornée, formée de la même façon chez certains poissons, tels que le mulet de mer (Mugil capito) chez certains Céphalopodes, mais dans ces derniers cas les cellules ont l'aspect caliciforme et le bouchon muqueux qu'elles secrètent se continue avec la couche cornée qu'elle continue à former. Les cellules sont beaucoup

plus petites et granuleuses chez le pigeon, le poulet, le canard, le passereau, le milan.

Les cellules muqueuses de l'estomac du fond chez le chien ressemblent donc fort aux cellules pyloriques. Parmi celles-ci on rencontre des éléments ayant les caractères des cellules principales granuleuses. On voit que, en réservant l'étude de la constitution chimique de ces éléments; les modifications de forme; les caractères objectifs saisissables entre les deux sortes de cellules pyloriques d'une part; entre ces cellules et celles de l'estomac du fond d'autre part, dépendent aussi d'un simple changement dans les rapports réciproqnes du réseau et de l'infiltrat.

Épithélium de la muqueuse gastrique. — Il est formé par des éléments du type caliciforme allongé, c'est-à-dire en forme de verre à Champagne par exemple; avec une extrémité effilée par laquelle les éléments groupés en bouquets et en gerbes, s'insèrent sur le sommet des courtes villosités stomacales et une extrémité libre évasée, par laquelle on peut voir sortir un bouchon de mucus. A la base de ces éléments se trouvent des cellules de remplacement, polygonales, moulées dans les espaces libres, du moins chez les poissons. La cellule caliciforme gastrique a été depuis longtemps déjà, assimilée à la cellule de Leydig. Moschner, dans un mémoire récent, l'a divisé en hauteur en trois zones, une supérieure, claire et muqueuse; une moyenne en voie de transformation muqueuse et une profonde, sombre et opaque autour du noyau. Ceci revient à dire que, dans ces éléments allongés, le réticulum cytoplasmique est très marqué autour du noyau; que ses mailles sont écartées irrégulièrement par l'infiltrat muqueux dans la zone moyenne, et qu'enfin la partie libre sera occupée par le matériel muqueux collecté. Nous avons pu voir que l'étendue de cette portion muqueuse, est très variable chez les différents animaux. Chez les poissons, elle peut être ici très grande; là complètement nulle; on peut trouver des estomacs tels que celui du Pagel, où la cellule de l'epithélium gastrique ne présente à peu près pas de mucus collecté, d'autres où la cellule est aussi nettement muqueuse que chez la grenouille par exemple, c'est le cas pour les Sélaciens.

Cette formation de l'infiltrat muqueux peut respecter les fils

du réticulum, et, gonflant la partie libre et évasée de la cellule, faire hernie à travers les mailles de ce réseau. Le profil de cette surface libre aura donc pour l'observateur un aspect mamelonné ou denticulé, qui existe toutes les fois qu'il n'y aura pas de bouchon muqueux collecté. Cet aspect denticulé très net sur certains estomacs pris dans toute la série des Vertébrés se retrouve aussi dans les cellules muqueuses des glandes salivaires; nous l'avons constaté dans les glandes pyloriques et dans les glandes de Brunner du chien. Il nous paraît être identique avec l'aspect de bordure en brosse qu'a décrit récemment M. O. Tornier dans l'estomac de quelques serpents et Batraciens, dans celui des Rongeurs et dans le tube du rein. D'après lui, ce seraient là des cils vibratiles rudimentaires apparaissant au moment de la digestion.

Pour finir avec l'épithélium de la muqueuse gastrique, rappelons que Rollett avait trouvé sous cet épithélium, ou mêlés à ces cellules, des éléments granuleux qui étaient de véritables cellules bordantes erratiques. Le centre de naissance des cellules épithéliales est au col des glandes; c'est là qu'elles sont le plus petites et le plus serrées; sans interposition d'autres cellules. Quelques-uns de ces éléments peuvent donc évoluer vers l'état granuleux et la coagulation, comme les cellules glandulaires sous-jacentes, au lieu de subir la transformation muqueuse. Après les exemples que nous avons cités, ce fait n'a rien qui puisse surprendre. On peut voir d'ailleurs, dans les revêtements épithéliaux caliciformes tels que celui de l'œsophage des poissons, se produire des cellules opaques et réfringentes; nous avons signalé le fait chez le congre. C'est une aberration d'évolution qu'on retrouve aussi dans l'ectoderme, et sur le déterminisme de laquelle l'ignorance est complète.

F. — Modifications pathologiques.

Ces modifications peuvent être produites par des causes locales; trauma, ulcération, cancer, et dans ces cas les cellules sont prismatiques et assez claires autour du point malade ou détruit. On les peut assez facilement rapporter soit au premier, soit au second stade des cellules principales. Les lésions de causes générales peuvent se ranger sous trois chefs : il y a dyscrasie, c'est-à-dire auto-empoisonnement, comme dans le diabète; la maladie de Bright; il y a empoisonnement par une

substance toxique : alcool, morphine ; ou bien l'agent de l'empoisonnement est infectieux, il jouit de la propriété de se reproduire sur l'individu qu'il a envahi. On prévoit qu'au fond les lésions dyscrasiques, infectieuses et toxiques devront assez se ressembler, et ne différeront que par l'intensité d'action de chaque agent.

Les lésions de la muqueuse dans les différentes gastrites chroniques apparaissent quand le malade est à la période de cachexie et sont en effet assez semblables. La gastrite des phthisiques, celle des athrepsiques, celle des alcooliques, des cirrhoses du foie et du rein, celle des urinaires ont beaucoup de traits communs et se peuvent résumer ainsi : (Pilliet, *Société de Biologie*, février 1887). Du côté du tissu conjonctif, on observe une infiltration de cellules rondes ou fusiformes qui donnent un aspect réticulé à ce tissu ; ces cellules sont disposées en amas entre les culs-de-sac glandulaires qu'elles écartent ; ou entraînées le long des vaisseaux. Elles se prolongent dans les villosités qu'elles allongent et hypertrophient ; et qui prennent l'aspect de masses volumineuses, formées d'abord de cellules rondes, puis, plus tard, de tissu fibreux avec des cellules aplaties. Les tubes eux-mêmes sont diminués de nombre. Les cellules membraneuses de leur membrane d'enveloppe sont multipliées et reliées par des prolongements rameux au tissu ambiant, ces tubes sont raccourcis, isolés les uns des autres, séparés par la sclérose intertubulaire et flexueux. Dans leur partie profonde ils ont une double tendance à se gloméruler et à se dilater, ce qui peut parfois devenir l'origine de petits kystes muqueux. Les cellules sont en général prismatiques.

M. Loquin, chez les phthisiques, les avait vues pâles et peu granuleuses ; M. Marfan a précisé davantage en disant qu'elles perdaient leurs granulations, devenaient cubiques, à noyaux apparents ; à protoplasma homogène. On rencontre ces lésions dans les estomacs de phthisiques chroniques, morts par cachexie ; que l'estomac présente ou non des lésions à l'œil nu. Les érosions, ulcérations et autres lésions plus accentuées, sont souvent des lésions tuberculeuses spécifiques ; tandis que ce que nous venons de décrire est lié à l'état spécial dit de cachexie, qui relève toujours d'un empoisonnement. C'est celui qu'on trouve chez es rénaux et les urinaires, dans l'empoisonnement urémique,

chez les alcooliques et même chez les cancéreux morts par cachexie. Le professeur Rindfleisch assimile, on le sait, dans sa *Pathologie générale*, la cachexie cancéreuse à un empoisonnement, dû à ce que les produits de désassimilation du néoplasme n'ont pas d'émonctoire normal et intoxiquent l'individu. Sur une femme atteinte à quatre-vingts ans d'un cancer de l'épiploon à marche lente, sans propagation à l'estomac; nous avons pu voir les trois tuniques de l'estomac considérablement atrophiées, et les lésions des tubes glandulaires qui étaient très courts et très flexueux, comparables à ce que nous venons de dire. Les cellules dans ce cas restent aux stades de cellules principales.

Nous ne pensons pas que la chute de l'épithélium gastrique soit un phénomène pathologique, hors le cas d'ulcères, de végétations et de véritables bourgeons charnus; car sur les estomacs placés dans des conditions moyennes de conservation, on retrouve toujours au col d'une glande, sur une villosité petite et abritée, dans un coin quelconque, des cellules caliciformes adhérentes à la membrane basale, elles ne manquent entièrement que lorsque les conditions dans lesquelles on pratique l'examen sont défectueuses.

Si l'on tue un animal par le phosphore, l'arsenic, ou tout autre poison dit stéatogène; les cellules glandulaires peuvent mourir par évolution graisseuse; c'est un autre genre d'altération à placer à côté de celui que nous venons d'étudier, et qui n'est qu'un arrêt d'évolution ou les cellules restent aux deux stades des cellules principales. C'est probablement cet état gras qu'a vu Wilson Fox, chez les phthisiques (1872), où il décrit des éléments très gros et granuleux; c'est-à-dire le contraire de ce qu'ont observé les auteurs suivants. Cette lésion, doit être assez rare à l'état chronique, car nous ne l'avons pas retrouvée.

Nous avons parlé de l'état muqueux qui suit l'intoxication par la morphine où par la belladone. Ceci porte à trois le nombre des lésions que l'on peut observer : l'état gras, l'arrêt d'évolution, et l'évolution muqueuse; quand elle est aberrante et porte sur les cellules principales, on peut observer un quatrième mode de lésion, c'est le processus de coagulation normal; exagéré pour tout un tube glandulaire. Frerichs avait remarqué, après L. Corvisart, que la muqueuse gastrique était plus épaisse chez les animaux inanitiés, et qu'on y trouvait en plus grand nombre

ces éléments ronds et granuleux qui lui doivent le nom de cellules à pepsine. Ce fait, paradoxal en apparence et nié par Édinger, est facile à vérifier. Sur un jeune chien Terre-Neuve de trois mois, privé d'aliments solides et mort en treize jours ; nous avons vu les tubes glandulaires de l'estomac de fond absolument bourrés de cellules bordantes jaunes et réfringentes; offrant tous les caractères de l'état de coagulation. C'est à peine s'il existait quelques cellules claires au fond des tubes glandulaires, encore passaient-elles inaperçues à un examen superficiel. On aurait pu donner ces préparations comme un type d'estomac de chien contenant une seule sorte de cellules, des cellules bordantes. Elles étaient en général réfringentes, homogènes et peu granuleuses, surtout par le col des glandes. Nous ne savons jusqu'à quel point cette accélération de l'évolution normale, joue un rôle dans la pathologie gastrique ; mais cet état de coagulation doit avoir été souvent méconnu. La cellule coagulée et homogène, devient rapidement globuleuse et se charge de granulations en partie graisseuses, dues à une émulsion de son corps cytoplasmique; c'est l'état connu sous le nom d'état granulo-graisseux, consécutif à la coagulation, et qui n'est plus l'évolution de la cellule, mais celle de son cadavre; puis ces granulations s'isolent, se perdent; et il ne reste plus rien. Cet état a pu être et a été considéré comme la vraie lésion par des observateurs à qui le stade de dissolution réciproque du réseau et de l'infiltrat, caractérisé par la coagulation homogène, avait échappé. Nous n'avons pu, jusqu'à présent, nous procurer des estomacs bien conservés dans l'intoxication saturnine et dans quelques autres lésions chroniques; et l'intoxication expérimentale permet rarement une saturation aussi complète que celle que l'on observe sur l'homme. Malgré ces réserves, nous pouvons dire qu'actuellement, il existe quatre modes bien nets d'altération de la cellule glandulaire; la stéatose, du phosphore et de l'asphyxie par exemple; l'arrêt d'évolution des gastrites chroniques, l'évolution muqueuse et l'évolution de la coagulation pour la cellule bordante ; ces deux dernières n'étant que l'exagération d'un processus normal. L'avenir nous montrera s'il existe d'autres modes de réaction, ce qui est probable ; mais nous pouvons tirer des faits connus cette conclusion, que des causes pathogénétiques très multiples et très diverses aboutissent à des

lésions très voisines et peu variées. Ce n'est donc point par l'anatomie pathologique de la cellule, mais par l'étiologie qu'on peut spécifier les maladies de la glande gastrique.

C. — Interprétations et conclusions.

Nussbaüm et Garel le premier en recherchant dans les cellules gastriques les granulations qu'il considérait comme caractéristiques des cellules à ferment; le second en retrouvant dans l'estomac les mêmes cellules, séreuses ou muqueuses, que dans les glandes salivaires ou cutanées, ont tout deux fait œuvre d'anatomie générale. Ils auraient à lutter contre cette tendance naturelle qui pousse à chercher dans l'examen direct une caractéristique et une confirmation de la spécificité des éléments; spécificité révélée dans ce cas — par Schiff et ses successeurs. Nous pensons comme ces auteurs, que l'évolution de la cellule glandulaire de l'estomac est entièrement comparable à celle d'une autre cellule épithéliale, épidermique ou endodermique. On peut donc retrouver ailleurs les différents stades que nous avons été forcé de délimiter pour faire rentrer dans un même cadre les aspects si variés que peut montrer le contenu des follicules de l'estomac. Nous avons trouvé un exemple où cette évolution sera facile à suivre dans tous ses détails, à cause de l'énorme volume des éléments et de la facilité de les observer dans de bonnes conditions; et la description abrégée que nous en allons donner ne sera pas un hors-d'œuvre; mais une façon de récapituler ce que nous venons de voir. Il s'agit des glandes à cellules opaques, dites glandes à venin, du revêtement cutané des Batraciens. On peut choisir pour l'observation la peau du nez de la grenouille, ou, ce qui est bien préférable; la peau de l'abdomen ou de la queue du triton crété, que l'on fixera à l'alcool absolu ou à l'acide osmique; et que l'on colorera, après coupe, par le picro-carmin. On verra alors dans l'épaisseur du derme, un certain nombre de glandes muqueuses, petites, puis des glandes à venin très grosses formant sur les coupes des taches jaunes visibles à l'œil nu. Les cellules de chaque glande paraissent évoluer en même temps; en sorte qu'on peut trouver sur une coupe étendue comprenant un certain nombre de glandules les éléments de la description que nous allons résumer ici. Les unes subissent la transformation muqueuse; comme les cellules

de la peau; telle qu'on la connaît depuis Leydig, F. Schulze, Justin Carrère et beaucoup d'autres auteurs, leur réseau d'abord régulier est dissocié et fragmenté par le mucus qui s'élimine. Les autres, et c'est le plus grand nombre, suivent le processus de coagulation. Sur les moins volumineuses, le réseau est régulier et serré, toutes la cellule, quoique claire, se teint en rose par le picro-carmin; c'est une cellule principale. Puis la cellule augmente considérablement de volume et apparaît entièrement granuleuse avec un éclat réfringent marqué. L'aspect granuleux est-il dû au réseau, ou à des corpuscules véritables. On peut en préparant ces glandes à l'acide osmique et en les montant dans l'eau phéniquée, comme l'a indiqué M. Ranvier, voir des grains assez gros et bien nets. Pourtant tous ces grains sont d'abord irréguliers et ils nous paraissent constitués par les points nodaux du réseau qui s'isoleraient à cette période de la vie de la cellule. Presque en même temps que cette transformation granuleuse, on voit commencer la coagulation, généralement à la périphérie de la cellule (fig. 4). La portion coagulée se teint fortement en jaune par l'acide picrique, elle est opaque, d'aspect gommeux ou cireux, limitée au niveau du réseau par une bande de transition ménagée. Le réseau à cette limite s'amincit, comme s'il se dissolvait dans le coagulum. La cellule à ce moment se tuméfie encore et elle a presque toujours deux noyaux, comme les cellules bordantes. Puis, à un degré plus avancé, que nous n'avons pas fait représenter, les cellules ne sont plus que des blocs polygonaux parfaitement homogènes avec des noyaux atrophiés ou disparus. Un amas de cellules semblables remplit une glandule dilatée. L'élimination de ces corps cellulaires paraît difficile, c'est ce qui permet de suivre les étapes de toutes ces métamorphoses. Supposons maintenant une glande gastrique du même animal dilatée, kystique ou allongée de façon à tripler sa hauteur; la cellule où débute la coagulation ne tombera pas aussitôt dans la cavité de l'estomac, et nous pourrons sans doute observer un processus analogue à celui que nous venons de voir ici et à celui que nous avons décrit chez l'homme.

Est-il nécessaire, après cet exemple, de récapituler ici l'évolution de la cellule? On comprend bien comment la cellule principale prismatique, comme les autres cellules du tube intestinal, se transforme en une cellule cubique ou plus ou moins globu-

leuse. A ce second degré, la cellule devient non pas granuleuse d'aspect, elle l'est déjà le plus souvent, mais chargée de grosses granulations en amas, et en même temps elle subit un commencement de coagulation et de passage à l'état homogène sur un autre point du corps cytoplasmique. La cellule bordante qui en résulte est donc essentiellement caractérisée par ces deux faits : d'une part, le développement du réseau albuminoïde qui va jusqu'à l'épaississement des points nodaux et la formation de granules libres; d'autre part, le début de la coagulation et l'infiltrat; celui-ci est formé surtout de substances ternaires de désassimilation, et se développe d'autant plus que la vie du réseau albuminoïde est plus active. De là la tuméfaction et l'état globuleux de ces éléments à ce moment. Plus tard, la coagulation est complète, l'élément tombe dans la cavité de l'estomac où il subit des désintégrations qui amènent sa destruction complète. Toute cellule porte donc en elle, et par l'effet même du jeu régulier de ses fonctions chimiques, la cause de sa destruction.

La cellule principale peut évoluer vers l'état muqueux par ce seul fait que l'infiltrat reste liquide et tend à se collecter et à s'éliminer hors de la cellule, dont le corps cytoplasmique, s'il en reste une assez grande quantité, peut former de nouveaux mucus. La cellule fonctionne ainsi un certain temps et finit par s'éliminer. C'est le même processus que pour toutes les cellules muqueuses. Nous l'avons vu sur les cellules principales, normalement granuleuses, et sur les cellules bordantes elles-mêmes. Nous avons montré qu'on pouvait trouver dans une même espèce, homme ou chien, les différentes manières d'être des cellules, et que tous ces aspects devaient être ramenés à l'unité. C'est cette unité que nous avons essayé de dégager par l'évolution. Les cellules granuleuses de l'estomac pylorique et celles du col des glandes ont été interprétées aussi, et enfin nous avons essayé de montrer l'identité des glandes gastriques chez les Vertébrés, en partant de l'identité des cellules.

Ce processus de coagulation des cellules glandulaires gastriques ne se retrouve pas que dans les glandes séreuses des Batraciens; il existe aussi dans l'épithélium endodermique ou ectodermique d'un certain nombre d'animaux. Dans l'œsophage du congre, par exemple, on trouve à côté des cellules calici-

formes qui se développent au milieu de l'épithélium pavimenteux stratifié, de grosses cellules tuméfiées, réfringentes et homogènes, nous ne répéterons pas ces caractères sur lesquels nous avons déjà tant insisté. On rencontre des éléments semblables dans l'épiderme d'un certain nombre de poissons; E. Schulze les a signalés chez la lamproie, où ils ont été souvent étudiés depuis. L'évolution gommeuse, ou plutôt résinoïde, des épithéliums, doit donc être mise sur le même plan que l'évolution muqueuse, et la cellule de F.-E. Schulze, si l'on envisage l'ensemble des éléments endodermiques et ectodermiques, se peut rencontrer aussi souvent que la cellule muqueuse de F. Leydig.

Nous ne ferons que signaler l'analogie, nous serions tenté de dire l'identité qui existe entre la coagulation de l'infiltrat dans l'évolution normale des cellules épithéliales, et le processus pathologique décrit par Weigert dans les cellules des centres nerveux, des parenchymes et du tissu conjonctif, sous le nom de nécrose de coagulation. Cet état est caractérisé par la tuméfaction hyaline et réfringente de la cellule, l'atrophie du noyau et plus tard par la désintégration granuleuse de l'élément. Il y a, on le voit, plus que des ressemblances entre ces deux états; nous devons nous borner ici à indiquer ce parallèle.

En résumé, l'évolution des cellules glandulaires de l'estomac peut rentrer d'une part dans la description de l'évolution muqueuse, d'autre part dans celle de l'état de coagulation. Les cellules peuvent même, jusqu'à une période avancée, présenter indifféremment l'une ou l'autre de ces deux formes, qui ne diffèrent donc pas essentiellement. Ces vues sont conformes aux idées sur la charpente cellulaire ou réticulum et sur l'infiltrat, ou enchylema, bien connues depuis Küppfer, Flemming, Klein, Hanstein, Strasbürger, et vulgarisées par Carnoy.

Mais si l'évolution cellulaire est partout la même, comment expliquer les différences des propriétés chimiques entre les différentes glandes? Si nous constatons partout la présence d'un réticulum et d'un infiltrat dont les différents aspects se réduisent au fond à un assez petit nombre, nous ne pouvons rien dire sur leur nature chimique qui peut varier et varie en effet. Ceci ne sera décidé que par des recherches futures dont la voie a été déjà tracée par les travaux du Collège de France. L'infiltrat des

cellules hépatiques, de celles de l'estomac et de l'épiderme du fœtus, muqueuses en apparence sur certains animaux, se montre en réalité sous l'action de l'iode chargé de matière glycogène. Les cellules des glandes pyloriques de l'estomac du chien, parfaitement claires avec les réactifs ordinaires, fixent avec intensité le bleu de quinoléine comme l'a montré le professeur Ranvier. Les cellules caliciformes du col des glandes œsophagiennes du lézard se colorent de même par le picro-carmin, d'où le nom de cellules caliciformes fausses que leur a donné l'auteur que nous venons de citer. On pourrait multiplier ces exemples, mais ils suffisent à montrer que des cellules, dont les caractères objectifs saisissables actuellement, montrent la parenté, peuvent avoir des différences considérables au point de vue de leur constitution chimique. L'idée d'identité d'évolution des différents cytoplasmas n'est donc pas en désaccord avec celle de la différenciation au point de vue chimique des cellules, et il reste de ce côté un vaste champ d'études.

BIBLIOGRAPHIE.

Sprott-Boyd. — Essay on the Structure of the Muscous Membran of the Stomach. Edin. med. and surg. journ., p. 382, 1830.

Henle. — Das Epithelium im menschlichen Körpez, Müller's Archiv., 1838.

Purkinje. — Ueber den bau der Magendrusen; Bericht ueber die Versammburg deutschen Naturforscher and Aert. in Prague.

Wasmann. — De Digestione Normulla. Berlin, 1870 (cité par Kölliker).

Kölliker. — Histologie, trad. Béclard et Sée, p. 452, 1856.

Milne Edwards. — Anatomie et Physiologie comparées, VI, 1859.

Lucien Corvisart. — Arch. gén. de Médecine, 1852.

Leydig. — Traité d'Histologie comparée, trad. Labillonne, p. 331, 1866.

F.-E. Schulze. — Epithel und Druzenzellen, Arch. Max Schultze, p. 136, 1867.

Schiff. — Physiologie de la digestion, leç. faites au Muséum de Florence. Vol. II, p. 280, 1867.

Laskouski. — 1868. Cité par Demons, thèse agrég., p. 59, 1883.

Klein. — Stricker's Handbuch, 1870.

Rollet. — Ueber die Anat. der Labdrusen. Institut nat. de Gray, p. 149.

Heidenhain. — Arch. Max Schultze, 1870 et 1871.

Ebstein. — Arch. Max Schultze, 1870.

J. Loquin. — Dyspepsie des Phthisiques, thèse. Paris, 1872.

Farabeuf. — Épiderme et Épithéliums, thèse agrég., p. 125, 1872.

Sappey. — Traité d'Anatomie descriptive, éd. 2, t. IV, p. 175, 1873.

Ch. Robin. — Leçons sur les Humeurs, p. 619, 1874.

Vulpian. — Leç. sur l'appareil vaso-moteur, vol. I, p. 210, 1875.

M. Nussbaüm. — Structure et Physiologie des Glandes, Arch. Max Schulze, 1876.

M. Gillavry. — Analyse, in Revue intern. des Sc. méd., t. X, p. 404, 1877.

Biederman. — Analyse, in Revue intern. des Sc. méd, t. VIII, p. 28, 1876.

Ch. Robin. — Article « Muqueux ». Dict. encycl. des Sc. méd., série 2, t. X, p. 454, 1876.
Edinger. — Ueber die Schleimhaut des Fischdarmes, etc. Arch. de Max Schulze, p. 651, 1877.
Frey. — Histologie et Histochimie, trad. Spillmann, 2e éd. française, p. 545, 1877.
F. Parrot. — De l'Athrepsie. Paris, 1877.
S. Sewale. — Journal of Physiology, 1878.
Nussbaüm. — Ueber den Bau und die Thätigkeit der Drusen. Arch. Max Schultze, p. 119, 1878.
Richet. — Tube digestif des Poissons, 1878.
Pouchet et Tourneux. — Traité d'Histologie, p. 551, 1878.
Garel. — Glandes de la muqueuse intestinale et gastrique des Vertébrés, p. 73. Paris, 1879.
E. Klein. — Structure du noyau des cellules et physiologie des cellules glandulaires. (Analysé in Revue intern. des Sc. médic., t. XIV, p. 401, 1879.)
Heidenhain. — Sécrétion des glandes du cul-de-sac gastrique. Arch. für die gesamm. Physiologie, t. XIX, p. 148, 1879.
Langendorff. — Arch. für Anat. und Phys., p. 95, 1879.
Chauveau et Arloing. — Traité d'Anat. comparée, 3e édition, p. 443, 1879.
L. Edinger. — Cellules glandulaires de l'estomac chez l'Homme. Arch. de Max Schultze, t. XVII, p. 199, 1879.
Langlet et Senall. — Journal of Physiology, vol. II, p. 181, 1879. (Analyse in Revue intern. des Sc. médicales, t. XVI, p. 30, 1880.)
H. Senall. — Journal of Physiology, p. 921. (Analysé in Revue de Hayem, 1880.)
Damaschino. — Maladies de l'estomac, 1880.
Toldt. — Die Entwicklung und Ausbildung der Drusen des Magens. Wiener Akad., p. 57, 1881.
Cadiat. — Traité d'Anat. générale, t. II, p. 319, 1881.
Ph. Stöhr. — Arch. für Mikr. Anat., p. 221, 1881.
Baginsky. — Anat. des Darmkanals, Wirchows Arch. fur Anat. und Path. p. 128, 1882.
M. Nussbaüm. — Ueber den Bau und die Thatigkeit der Drusen. Arch. Max Schultze. fur Mikr Anat., p. 287, pl. XV-XVIII, t. XXI, 1882.
Ch. Richet. — La digestion chez les Poissons. Archives de Physiologie, p. 536, 1882.
Kölliker. — Embryologie, trad. Schneider, p. 890, 1882.
Kuppfer. — Epith. et Glandes de l'Estomac humain. Munich, 1883.
Chrétien. — Art. Glandes. Dict. encyclopédique des Sc. méd., série 4, t. IX, 1883.
Boulart et Pilliet. — Structure de l'Estomac du Dauphin. Journal de l'Anatomie, 1884.
W. Stirling. — Ferments or Enzymes of the Digestive Tract in Fishes. Journal of Anatomy, p. 426, 1884.
Cornil et Ranvier. — Traité manuel d'Histologie et de Pathologie, éd. II, t. II, p. 271, 1884.
Ranvier. — Cours du Collège de France. (Publié incomplètement in Journal de Pelletan, 1884.)
Ph. Störh. Ueber Schleimdrusen. Annales de Physiol. de Wurtzbourg, p. 93, 1884.
M. Trinkler. — Bau der Magenschleimhaut. Arch. fur mikr. Anat., p. 774, 1884.
P. Meschner. — Histologie de la muqueuse stomacale. Breslau, 1884.
Carnoy. — Biologie cellulaire, fascicule 1, p. 90, 1884.
Langley. — Analyse in Revue intern. des Sciences médicales, p. 430, 1885.
P. Eisler. — Hist. des Magenschleimhaut. Halle, 1885.
Cazin. — Couche cornée du gésier du Poulet. C. Rendus Ac. Sciences, 1885.
Coudereau. — Étude Histol. sur les Gl. de l'Estomac du nouveau-né. Travaux du Laboratoire de Laborde, 1885.

Ellenger et Hofmeister. — Suc gastrique et muqueuse gastrique du Porc. Anal. in Revue intern. des Sc. méd., n° 55, p. 10, 1886.
G. Tornier. — Bordures en brosse des cellules glandulaires de l'Estomac et du Rein. Arch. Max Schultze, 1886.
B. Marfan. — Troubles et lésions gastriques dans la Phthisie pulmonaire, thèse. Paris, 1887.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIII.

Fig. 1. — Coupe de l'estomac d'un supplicié dans la région moyenne des glandes cardiaques. Liqueur de Muller; gomme et alcool; coloration à l'hématoxyline éosinée; constatation des cellules principales et bordantes.

A. Cellules principales au stade 1, prismatiques et allongées.

B. Cellules principales au stade 2, cubiques et granuleuses.

C. Cellules bordantes ovoïdes et réfringentes au troisième stade de l'évolution.

E. Membrane propre de la glande.

F. Tissu inter-tubulaire.

Fig. 2. — Coupe de l'estomac du fond d'un homme de dix-huit ans, mort en état de mal épileptique. Alcool; hématoxyline éosinée; région moyenne des glandes; transformation graduelle des cellules principales en cellules bordantes. Même signification des lettres.

A. Cellules principales au premier stade.

B. Cellules principales cubiques au stade suivante; plusieurs sont ovoïdes et réfringentes.

C. Cellules bordantes résultant de la transformation des précédentes.

E. Membrane propre.

F. Tissu conjonctif.

Fig. 3.— Coupe de l'estomac du fond du Phacochère; région moyenne des glandes. Alcool et hématoxyline; transformation des cellules principales en cellules bordantes et formation des nodosités du tube glandulaire par la saillie de ces dernières. Même signification des lettres.

B. Cellules principales cubiques au second stade, tapissant l'axe de la glande et le col des logettes occupées par les cellules bordantes.

C. Cellules bordantes isolées dans leurs logettes à leurs premiers stades.

D. Cellules bordantes à leur dernier stade; la coagulation est complète, l'atrophie du noyau est manifeste.

F. Tissu conjonctif.

Fig. 4. — Glandes à venin de la queue du *Triton crêté*; alcool absolu et picro-carmin. Cellules en voie de coagulation.

A. Portion réticulée, granuleuse de la cellule.

B. Portion hyaline et réfringente.

C. Tissu conjonctif.

SUR LA PERSISTANCE

DE

VESTIGES MÉDULLAIRES COCCYGIENS

PENDANT TOUTE LA PÉRIODE FŒTALE CHEZ L'HOMME

ET SUR LE RÔLE DE CES VESTIGES DANS

LA PRODUCTION DES TUMEURS SACRO-COCCYGIENNES CONGÉNITALES

PAR

MM. F. TOURNEUX et G. HERRMANN.

(Planches XXIV et XXV.)

Parmi les productions pathologiques congénitales siégeant à la région sacro-coccygienne, les *tumeurs* dites *composées*, *complexes* ou *mixtes*, *cysto-sarcomes*, etc., constituent un groupe hétérogène dont l'origine et la pathogénie sont encore des plus controversées. Certains auteurs les considèrent comme des inclusions fœtales très rudimentaires, tandis que d'autres les font dériver de divers organes, permanents ou transitoires, qui existent normalement dans la région axiale de l'extrémité inférieure du tronc.

Des recherches poursuivies depuis plusieurs années sur le développement de l'extrémité inférieure de la moelle épinière nous ont montré que la portion terminale du névraxe embryonnaire, qui n'avait guère été mise en cause jusqu'ici, si ce n'est pour le spina-bifida, paraît jouer un rôle assez important dans la production des néoplasmes sacro-coccygiens de provenance fœtale. Ayant constaté chez le fœtus humain la présence de vestiges médullaires situés en arrière du coccyx et persistant jusqu'à la naissance (*Soc. de Biol.* Janvier 1885 et mars 1887. — *Congrès des Soc. savantes*, 1885), nous avons été amenés à rechercher dans quelle mesure ces vestiges coccygiens de la moelle peuvent participer à la constitution des tumeurs congénitales de la région (*Ac. Sc.*, 9 mai 1887).

Notre travail se trouve ainsi tout naturellement divisé en deux parties distinctes : la première sera consacrée à l'étude anatomique des vestiges coccygiens de la moelle depuis le troisième mois de la vie intra-utérine jusqu'à la naissance ; dans la seconde

partie, nous décrirons les tumeurs provenant en tout ou en partie de ces restes du tube médullaire primitif.

PREMIÈRE PARTIE.

Développement de l'extrémité inférieure du tube médullaire. — Description des vestiges coccygiens chez le fœtus humain, depuis le moment de leur apparition jusqu'à la naissance. — Évolution du segment caudal de la moelle épinière chez quelques mammifères et chez l'embryon d'oiseau.

§ 1. — Évolution de la portion coccygienne du tube médullaire chez le fœtus humain, depuis le troisième mois jusqu'à la naissance.

On sait depuis les recherches de Ecker (*Icones physiologicæ*, 1859) et de Rosenberg (*Entwickl. der Wirbelsäule*, *Morph. Jahrb.*, 1876) que le tube médullaire du jeune embryon s'étend primitivement jusqu'à l'extrémité de la dernière vertèbre caudale (ou coccygienne), et qu'à ce niveau sa portion terminale s'infléchit en arrière de manière à se mettre en contact presque immédiat avec la face profonde de l'épiderme. D'autre part, Geoffroy Saint-Hilaire (*Tératologie*, 1832, t. I, p. 736) a signalé un cas où la moelle épinière se prolongeait inférieurement jusqu'au bout du coccyx chez un fœtus à terme. Pour expliquer comment s'établissent les rapports nouveaux qu'affectent entre eux chez l'adulte à l'état normal le névraxe et le rachis, on admet généralement qu'il se produit dans la suite du développement une *ascension* progressive de l'extrémité de la moelle à l'intérieur du canal rachidien, ascension due à un allongement plus rapide de la colonne vertébrale au cours de la croissance. Le filum terminale représenterait ainsi la partie postérieure de la moelle embryonnaire, partie imparfaitement développée et réduite en quelque sorte à l'état de rudiment.

Cette interprétation classique des faits doit être considérée comme exacte en ce qui concerne la région sacro-lombaire; mais elle ne saurait évidemment s'appliquer à la région coccygienne où il n'existe pas de canal vertébral, et où le tube médullaire présente une évolution toute différente dont la description détaillée fait l'objet du présent travail.

1. *Fœtus de* 37 mm. ♀ *a*. (Début du 3[e] mois lunaire.) — L'extrémité postérieure de ce fœtus décomposée en coupes sagittales se



montre fortement infléchie vers la face ventrale. Les trois dernières vertèbres forment un angle presque droit avec la portion adjacente du rachis, mais l'incurvation des téguments est encore plus prononcée. Il résulte de cette différence de courbure très manifeste que l'extrémité inférieure de la colonne vertébrale et la portion attenante de la moelle soulèvent la peau et viennent saillir à l'extérieur sous forme d'une éminence conique à base élargie, à sommet arrondi, dont la hauteur atteint plus d'un millimètre, l'*éminence coccygienne* (pl. XXIV, fig. 1 et 2 *d*).

Le cordon médullaire longe la colonne vertébrale dans toute son étendue et arrive jusqu'au sommet même de l'éminence coccygienne; seulement sa configuration extérieure et sa structure subissent des modifications notables en regard des trois dernières vertèbres (pl. XXIV, fig. 1). La moelle proprement dite avec ses myélocytes et ses faisceaux de fibrilles régulièrement disposés se termine par une extrémité effilée vers le milieu de la troisième vertèbre, à compter de la dernière (l'antépénultième). A ce niveau, le canal de l'épendyme disparaît, et la moelle se continue inférieurement par un tractus fibrillaire parsemé çà et là de groupes de cellules échelonnées sans ordre apparent, dépourvu de lumière centrale et ne mesurant pas plus de 20 μ de diamètre (pl. XXIV, fig. 2 *c*). Vers le bord supérieur de la dernière vertèbre caudale, le cordon médullaire se renfle subitement, présente une cavité assez spacieuse, et la moelle se termine ainsi par une portion ampullaire de forme allongée, occupant toute la hauteur de la dernière vertèbre (pl. XXIV, fig. 2). Ce renflement terminal possède un diamètre vertical de 650 μ, mesurant sensiblement la longueur du dernier cartilage vertébral; son diamètre antéro-postérieur est d'environ 200 μ. Il n'affecte pas une forme régulièrement cylindrique; sa surface est irrégulière, bosselée, et l'épaisseur de ses parois varie notablement suivant les points envisagés. E. Rosenberg, qui décrit des stades plus jeunes (embryons de 1,65 — 1,9 — 1,25 centim.), a noté également que l'extrémité renflée du tube médullaire est contournée sur elle-même, et que le cul-de-sac terminal vient s'appliquer pour ainsi dire à la face profonde de l'épiderme (*Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule, etc., des Menschen*, Morph. Jahrb., 1876).

Sur notre embryon de 37^{mm}, la paroi postérieure de l'ampoule terminale est la plus mince (18 à 20 μ d'épaisseur seulement); elle

est formée de petites cellules polyédriques tassées les unes contre les autres, dont les plus externes ne sont séparées de l'épiderme que par une mince lamelle conjonctive de 15 μ d'épaisseur (pl. XXIV, fig. 2 *pe*). La paroi antérieure ou profonde, ainsi que la paroi inférieure, sont épaisses de 70 μ; elles sont constituées par cinq ou six plans de cellules dont les plus superficielles se rapprochent assez nettement de la forme prismatique (fig. 2 *pp*). Dans la moitié supérieure de la paroi profonde, cet épithélium fait place à une substance fibrillaire dans laquelle viennent se perdre les fibres du tractus nerveux que nous avons précédemment signalé; cette substance, épaisse d'environ 150 μ, proémine dans la cavité du segment médullaire terminal qu'elle remplit en grande partie; sa surface libre n'est recouverte d'aucun revêtement épithélial (pl. XXIV, fig. 2 *c'*).

Ajoutons que la corde dorsale déborde en arrière la pointe du coccyx, et que son extrémité, pelotonnée sur elle-même, se met en rapport avec celle du tube médullaire (voy. pl. XXIV, fig. 1 et 2 *ch*).

2. *Fœtus de* 7,9/10,5 cent. ♀ *a*. (Fin du 3e mois lunaire.) — Le fait capital que révèle tout d'abord l'examen des coupes sagittales, c'est la courbure en arrière de l'extrémité inférieure de la moelle (pl. XXIV, fig. 3 et 4). En regard du corps de la dernière vertèbre coccygienne, on voit, en effet, le tube médullaire s'infléchir en arrière, puis remonter en haut et se terminer, après un trajet assez court, à une faible distance de l'épiderme. La portion coccygienne de la moelle décrit ainsi une anse à concavité postérieure et supérieure, à laquelle on peut considérer deux segments distincts: un segment antérieur en rapport avec la face postérieure des vertèbres coccygiennes (segment direct ou coccygien proprement dit, branche descendante de l'anse médullaire), et un segment postérieur réfléchi en arrière et en haut (segment réfléchi ou paracoccygien, branche ascendante de l'anse). Ce segment postérieur est encore peu développé chez le fœtus que nous considérons, et sa longueur atteint à peine un demi-millimètre; mais, contrairement au segment antérieur ou direct, qui ne tardera pas à s'atrophier et à disparaître complétement, il continuera à évoluer pendant presque tout le cours de la grossesse, et ses restes seront encore visibles même à l'époque de la naissance. Aussi désignerons-nous désormais ce segment postérieur, seul persistant de la moelle caudale ou coccygienne, sous le nom de *vestiges coc-*

cygiens ou *para-coccygiens* de la moelle épinière. Sa structure est identique à celle de l'ampoule terminale que nous avons décrite chez le fœtus de 37 mill., sauf qu'il ne présente pas des tractus fibrillaires aussi nettement développés (pl. XXIV, fig. 4).

A quel phénomène faut-il attribuer cette incurvation particulière de la moelle coccygienne? Il est assez difficile de formuler une réponse précise en l'absence de stades intermédiaires aux fœtus de 37 mill. et de 7,9/10,5 centim. Toutefois, il est permis de supposer que cette courbure reconnaît des facteurs multiples: adhérence de l'extrémité terminale de la moelle avec la peau (fœtus de 37 mill.), allongement inégal du tégument et de la colonne vertébrale (cette dernière entraînant la portion coccygienne attenante), développement des parties molles et redressement de l'extrémité postérieure du tronc. Chez le fœtus de 7,9/10.5 cent., la courbure des téguments reproduit à peu près exactement celle de l'extrémité inférieure de la colonne vertébrale; aussi l'éminence coccygienne est-elle à peine indiquée sur la coupe sagittale.

C'est à l'union des 3e et 4e vertèbres sacrées que répond chez ce fœtus le sommet inférieur du cône médullaire; plus bas, la moelle se continue sous forme d'un tube épithélial enveloppé d'une mince couche de fibrilles nerveuses longitudinales, qui longe la face postérieure du sacrum (4e et 5e vertèbres) et du coccyx, et se termine en regard de la dernière vertèbre coccygienne par un renflement d'où s'élève la branche ascendante ou réfléchie de l'anse médullaire (pl. XXIV, fig. 3 et 4). Le tube épithélial suit la courbure du rachis, décrivant un arc dont la longueur est d'environ 5 millimètres. Il n'est pas régulièrement cylindrique, mais il accuse de distance en distance des sortes de varicosités au niveau desquelles sa cavité se trouve élargie; son diamètre moyen est de 60 μ. C'est aux dépens de la portion supérieure ou sacrée de ce cordon, que se formera le *filum terminale;* la portion inférieure ou coccygienne disparaîtra sur place, ainsi que nous le verrons plus loin. On comprend d'ailleurs que l'ascension relative de la moelle, admise par les auteurs, ne peut s'opérer que là où existe un véritable canal vertébral, comme c'est le cas au niveau du sacrum.

Le renflement qui répond au sommet de l'anse médullaire offre une configuration et une texture tellement irrégulières, qu'il est presque impossible d'en donner une description com-

plète. C'est un amas de petites cellules polyédriques, à contours bosselés, creusé d'une cavité anfractueuse communiquant avec le tube médullaire coccygien. Les cellules qui limitent cette cavité présentent des caractères différents suivant les points envisagés : tantôt c'est une couche de cellules prismatiques dont la forme et la disposition rappellent le revêtement épendymaire, tantôt c'est un simple plan de cellules polyédriques ou cubiques, analogues aux éléments de la périphérie; ailleurs enfin, les cellules s'aplatissent et prennent le type pavimenteux. Le diamètre moyen de l'amas est d'environ 250 μ. Le tissu qui l'englobe reçoit ses vaisseaux de l'artère sacrée moyenne (*ou caudale*) qui contourne la pointe du coccyx.

Le segment réfléchi de la moelle coccygienne présente une structure analogue à celle que nous venons de décrire; son extrémité supérieure s'étire en un mince filament dont l'épaisseur n'excède pas 30 μ.

3. *Fœtus de* 7/9,5 cent. ♀ *d*. (Fin du 3e mois lunaire. — Coupes transversales sériées à raison de 38 coupes par millimètre. (1) — Les vestiges coccygiens commencent au niveau de la pointe du coccyx, et se prologent supérieurement sur une hauteur de 20 coupes. Ils sont situés entre l'épiderme et la dernière vertèbre coccygienne dont ils se rapprochent graduellement de bas en haut; leur diamètre transversal est d'environ 350 μ. Ces vestiges sont constitués par des amas cellulaires irréguliers, creusés d'excavations anfractueuses à revêtement prismatique ou polyédrique stratifié. Nous n'avons pu déceler nulle part à la surface libre des cellules prismatiques, la présence de cils vibratiles.

A ces vestiges coccygiens fait suite supérieurement un cordon rougeâtre en contact avec la face postérieure des vertèbres coccygiennes, cordon qui augmente peu à peu d'épaisseur, et se continue graduellement avec le filum terminale: il paraît constitué par des fibrilles nerveuses et des cellules irrégulièrement

(1) En nous conformant à l'ordre chronologique que nous avons adopté, l'étude des deux fœtus qui suivent aurait dû précéder celle du fœtus de 7,9/10.5 cent. Toutefois, les extrémités inférieures de ces deux fœtus ayant été décomposées en coupes transversales, il nous a paru rationnel de présenter d'abord la description du fœtus de 7,9/10,5 en effet les coupes sagittales, montrant une vue d'ensemble, sont forcément plus démonstratives, et permettent de s'orienter plus facilement dans l'anatomie de la région coccygienne.

intriquées. La cavité du filum terminale n'apparaît nettement que sur la 198e coupe.

4. *Fœtus de* 7,5/10,5 cent. ♀ *a.* — (Fin du 3e mois lunaire. — Coupes transversales à raison de 34 coupes par millimètre.) — Les vestiges coccygiens occupent une dizaine de coupes, c'est-à-dire s'étendent sur une hauteur d'environ 1/3 de millimètre. Ils sont toujours situés en arrière de la dernière vertèbre coccygienne, et se rapprochent par leur extrémité inférieure de l'épiderme. Les amas cellulaires qui les constituent offrent la même structure que chez les fœtus précédents; tantôt on ne distingue sur la coupe transversale qu'un seul amas, tantôt on en observe plusieurs étagés d'avant en arrière. Le diamètre antéro-postérieur de ces vestiges, dans les points où ils offrent le plus grand volume, est d'environ 300 µ.

La branche directe ou descendante de l'anse médullaire a disparu sur une certaine étendue, de sorte que la portion terminale du cordon médullaire coccygien ne se montre qu'à la 90e coupe; le canal de l'épendyme n'apparaît dans le filum terminale qu'à la 170e coupe (5 millimètres).

Si nous essayons de nous rendre compte de la disposition des vestiges coccygiens chez ces deux fœtus (7/9,5 et 7,5/0,15 cent.) par l'examen des coupes transversales sériées, il semble au premier abord que l'extrémité inférieure de la moelle coccygienne ne présente qu'une très légère incurvation en arrière, et qu'on ne retrouve pas ici l'anse médullaire si nettement accusée sur le fœtus de 7,9/10,5 (coupes sagittales). Mais il ne faut pas oublier que la région sacro-coccygienne est encore fortement incurvée en avant à cette époque, et que par suite la section horizontale qui intéresse très obliquement les vestiges coccygiens, ne nous donne qu'une notion fort imparfaite de leur topographie. Les coupes sagittales seules peuvent mettre en évidence, avec toute la précision désirable, le changement de direction que subit le segment caudal du névraxe dans le plan vertical antéro-postérieur.

5. *Fœtus de* 9/12,5 cent., ♀ *a.* (Début du 4e mois lunaire. — Coupes transversales). — Les vestiges coccygiens, très rudimentaires chez ce fœtus, ne sont visibles que sur quatre coupes, immédiatement en arrière de la pointe du coccyx; leur composition est la même que chez les sujets déjà décrits.

6. *Fœtus de* 10/14,5 cent. ♀ *a*. (Milieu du 4e mois lunaire. — Coupes transversales.) — Les vestiges coccygiens débutent au niveau de l'extrémité du coccyx, et se poursuivent sur une hauteur de 15 coupes, entre la dernière vertèbre coccygienne et l'épiderme. Leur épaisseur d'avant en arrière, dans les points où ils sont le plus développés, s'élève jusqu'à 780 μ; leur distance à l'épiderme, variable suivant les endroits, est en moyenne de 60 μ. Le segment direct du tube médullaire coccygien s'est résorbé dans toute sa hauteur.

Sur la coupe transversale, ces vestiges affectent la forme de vésicules et de masses cellulaires irrégulières étagées d'avant en arrière au nombre de trois à quatre (pl. XXIV, fig. 5). En quelques points, les excavations atteignent un diamètre considérable (400 μ); leur paroi est alors représentée par un épithélium prismatique stratifié d'une épaisseur de 45 μ. Ailleurs, les cellules diminuent de hauteur et le revêtement se transforme graduellement en épithélium polyédrique stratifié. Quant aux amas de petites cellules polyédriques ou sphériques, ils sont creusés de cavités anfractueuses de faible dimension, au pourtour desquelles les éléments tendent à revêtir la forme prismatique.

Parfois les formations que nous venons de décrire semblent absolument indépendantes les unes des autres, et les vestiges coccygiens paraissent ainsi constitués par la réunion d'un certain nombre de vésicules et d'amas cellulaires disposés en traînée verticale. Cette fragmentation toutefois n'est qu'apparente, ou du moins si elle existe, elle est loin d'être aussi accusée que semble l'indiquer l'examen des sections transversales. Il suffit pour se rendre compte de ce fait, de comparer les coupes sagittales portant sur des fœtus plus jeunes et plus âgés (37 millim. et 13,5/20 cent. par ex.). La forme irrégulière des vestiges coccygiens, les diverticules latéraux qu'ils émettent, suffisent à nous expliquer la division apparente en plusieurs masses distinctes qu'ils semblent présenter sur les coupes transversales ou obliques de l'extrémité postérieure du tronc.

7. *Fœtus* 13,5/20 cent. ♀ *a* (début du 5e mois lunaire — coupes sagittales). Chez ce fœtus, les vestiges coccygiens semblent avoir atteint leur maximun de développement. Ils s'étendent en effet sur une longueur de 2 millimètres, en regard des quatrième et troisième vertèbres coccygiennes. Leur direction est oblique de

bas en haut et d'avant en arrière; leur extrémité inférieure est éloignée de 130 μ environ du corps de la dernière vertèbre, leur extrémité supérieure se termine à une distance de 60 μ de l'épiderme dont les bourgeons pileux commencent à pénétrer le derme sous-jacent. L'épaisseur totale des téguments en arrière des vertèbres coccygiennes s'élève à 600 μ. On rencontre encore des débris du segment direct de la moelle coccygienne, contre la face postérieure des vertèbres du coccyx. Ajoutons que les vestiges coccygiens sont accompagnés dans leur trajet ascendant par des faisceaux fibreux émanés de la pointe du coccyx (ligament caudal), et que le tissu qui les entoure reçoit ses vaisseaux de l'artère sacrée moyenne (caudale). On comprend combien ce fait vient à l'appui de ceux qui admettent l'existence d'une véritable queue chez l'embryon humain du deuxième mois (voir au chapitre suivant).

Les vestiges coccygiens ne sont pas représentés par un simple conduit épithélial; ils paraissent, en effet, constitués par la réunion de plusieurs cordons ou tractus cellulaires anastomosés suivant la longueur des vestiges. Tous ces cordons possèdent une lumière centrale, irrégulière, et présentent en certains points des diverticules également creux, dont la cavité communique avec celle du tube principal. La paroi de ces cavités est formée par un tassement de petites cellules polyédriques dont les plus internes affectent par places le type prismatique; l'épaisseur moyenne de cette paroi est d'environ 45 μ.

L'extrémité inférieure du tronc est toujours fortement incurvée du côté ventral, et les fibres du sphincter externe de l'anus se développent directement en avant des deux dernières vertèbres. Il résulte de cette disposition que la portion anale du tube digestif se trouve écartée de la colonne vertébrale, et qu'entre le rectum et le rachis existe un espace triangulaire (sur la coupe sagittale) dont la base inférieure repose sur le sphincter externe et dont le sommet répond à la 7e vertèbre (en comptant de bas en haut). Cet espace que l'on peut déjà constater sur le fœtus de 7,9/10,5 centim., mesure une hauteur de 8 millim.; sa base est large de 4 millim. Il est occupé par un tissu muqueux très riche en matière amorphe que nous proposons de désigner sous le nom de tissu muqueux retro-rectal. L'artère sacrée moyenne occupe le bord postérieur de triangle; en avant, le tissu muqueux

est directement en contact avec la couche musculaire longitudinale du rectum.

8. *Fœtus* 16/23,5 cent. ♀ *a* (milieu du 5e mois — coupes sagittales). Les vestiges très développés occupent une longueur de 2 millimètres; situés un peu en arrière des quatrième et troisième vertèbres coccygiennes, ils s'étendent obliquement comme chez le fœtus précédent, de bas en haut et d'avant en arrière (pl. XXV, fig. 6). La paroi des excavations possède une épaisseur très variable qui peut s'élever jusqu'à 100 μ; ailleurs, elle se trouve réduite à l'état d'une mince couche cellulaire. Les cellules les plus internes appartiennent au type prismatique ou pavimenteux; les cellules externes sont sphériques ou polyédriques avec un noyau remplissant presque tout le corps de l'élément, leur diamètre varie de 9 à 12 μ. Ce tissu de petites cellules polyédriques renferme des cavités vacuolaires surtout abondantes dans les couches périphériques et qui ne paraissent pas communiquer avec la cavité générale (pl. XXV, fig. 7 *v*). En quelques endroits, il est séparé du tissu ambiant par une ligne absolument nette, mais en d'autres points les éléments des deux tissus se mélangent et s'intriquent, sans qu'il soit possible d'établir entre eux une délimitation tranchée. Nous assistons chez ce fœtus à la première apparition des vésicules adipeuses par petits lobules dans le tissu cellulaire sous-cutané; les follicules pileux émettent latéralement les bourgeons des glandes sébacées. L'extrémité inférieure du tronc se redresse et les fibres postérieures du sphincter externe se trouvent maintenant dans le prolongement de la colonne vertébrale. Le tissu muqueux retro-rectal s'est résorbé en grande partie, et l'extrémité inférieure du rectum se rapproche de la colonne vertébrale.

9. *Fœtus* 20/31 cent. ♀ (milieu du 6e mois — coupes sagittales). Les vestiges médullaires sont étendus horizontalement de la pointe du coccyx à la peau, occupant une longueur de 1 mill. 5. Il semble que le développement et l'allongement des parties molles l'emportent maintenant sur ceux du rachis; la courbure de l'extrémité inférieure du tronc est complètement redressée. Les vestiges, déjà en voie d'atrophie, sont fragmentés en deux ou trois amas dont le plus externe, de forme polyédrique, est distant de l'épiderme de 1/2 mill.; son épaisseur est de 500 μ. Les amas sous-jacents mesurent un diamètre de 130 μ (pl. XXV, fig. 8 *c'*).

Chacun de ces amas est pourvu d'une cavité centrale dont le revêtement cellulaire prismatique ou pavimenteux stratifié est creusé de petites excavations sphériques au pourtour desquelles les cellules peuvent également revêtir la forme prismatique.

Il est à remarquer que l'épiderme, au niveau des vestiges, ne donne naissance à aucune involution pileuse, et que les follicules des parties voisines sont inclinés de manière que leurs extrémités profondes s'écartent en divergeant autour des vestiges coccygiens (vertex coccygeus). On distingue maintenant les bourgeons des glandes sudoripares dont la longueur atteint près d'un demi-millimètre.

10. *Fœtus* 23/35 cent. ♀ *a* (fin du 6e mois lunaire. Coupes *sagittales*). Les vestiges médullaires très atrophiés ne sont plus représentés que par une mince traînée longitudinale située en *arrière* de la dernière vertèbre, au milieu des glomérules des glandes sudoripares; la longueur de cette traînée est d'environ 1/2 *millim.*, son épaisseur de 150 μ. Sa moitié supérieure est creusée d'une cavité allongée que limite une couche encore nette de *cellules* prismatiques; quant aux cellules externes de la traînée, fortement granuleuses, elles sont comme dissociées et étouffées par l'envahissement du tissu ambiant.

En regard de ces vestiges, la peau de la région coccygienne s'invagine sous forme d'une dépression tubuleuse profonde de 2 millimètres, dont le sommet est dirigé vers la pointe du coccyx. Nous étudierons en détail cette dépression dans le chapitre consacré à l'histoire de la fossette coccygienne.

11. *Fœtus* 27/38 cent. ♀ *a* (début du 8e mois — coupes sagittales). Les vestiges, en voie d'atrophie manifeste, sont situés en regard de la dernière pièce du coccyx, à peu près à égale distance de la surface cutanée et de la colonne vertébrale, immédiatement au-dessous des follicules pileux; leur longueur est d'environ 650 μ. Les cellules qui les constituent, irrégulières, granuleuses, entremêlées aux éléments du tissu ambiant, se montrent absolument réfractaires à l'action du carmin, sauf toutefois la couche de cellules prismatiques qui limite la cavité centrale.

Indépendamment de ces vestiges du segment réfléchi de la moelle coccygienne, nous trouvons au niveau de l'union des troisième et quatrième vertèbres coccygiennes une petite traînée longitudinale pourvue d'une cavité, qui représente un reste du seg-

ment coccygien direct. La constitution de cette traînée se rapproche entièrement de celle du vestige externe. Nous rappellerons que Isidore Jeoffroy Saint-Hilaire a signalé chez un nouveau-né la persistance de la moelle épinière dans toute la longueur du rachis : « il arrive quelquefois, dit-il, que la moelle épinière, conservant sa première disposition, s'étende encore chez l'homme au moment de la naissance jusqu'à l'extrémité du coccyx : dans ce cas la colonne vertébrale reste terminée par une queue. » (*Traité de tératologie*, 1832, t. I, p. 736).

12. *Fœtus* 29/41 ♀ *a* (fin du 8e mois — coupes sagittales). Les vestiges logés dans l'épaisseur du pannicule adipeux sous-cutané, au niveau de la dernière vertèbre, sont accompagnés par un tractus fibreux émané de l'extrémité du coccyx. En regard de ces vestiges, la peau présente une légère dépression dont les parois sont entièrement dépourvues de follicules pileux; par contre, les glandes sudoripares y sont abondantes.

Nous signalerons, en terminant, ce fait, que sur un nouveau-né à terme, nous avons pu disséquer et isoler en arrière de la pointe du coccyx, une petite masse épithéliale creusée d'excavations multiples, du diamètre de 1 millim. environ. Cette formation épithéliale représente vraisemblablement le dernier vestige du segment réfléchi du tube médullaire coccygien. Les tissus ayant au préalable macéré pendant plusieurs jours dans une solution diluée d'acide acétique, il nous a été impossible d'en déterminer la structure intime.

Les éléments des vestiges coccygiens que nous venons de décrire chez le fœtus humain du troisième mois à la naissance, possèdent des liens de parenté étroite avec ceux de la moelle épinière. Tous proviennent en effet du tube médullaire primitif dérivant lui-même du feuillet externe du blastoderme. Mais tandis que les parties supérieures du tube médullaire continuent à évoluer, qu'on voit s'y développer successivement des myélocytes, des cellules et des fibrilles nerveuses, les éléments du segment médullaire coccygien restent en quelque sorte stationnaires. Parmi les cellules qui bordent la cavité centrale des vestiges coccygiens, quelques-unes s'aplatissent et deviennent pavimenteuses, comme les cellules superficielles de l'ectoderme, d'autres s'allongent et ressemblent aux cellules prismatiques de revêtement épendymaire; enfin, les éléments qui composent la masse même

des vestiges coccygiens conservent leur forme primitive sphérique ou polyédrique, et ne paraissent pas émettre de prolongements, comme c'est le cas pour les myélocites.

On peut donc dire que les vestiges médullaires coccygiens du fœtus humain représentent le tube médullaire coccygien arrêté au premier stade de son évolution. Les différentes modifications que l'on observe dans la suite du développement portent simplement sur la forme extérieure et le volume des vestiges; la différenciation histologique qui se produit dans le reste du névraxe embryonnaire fait ici défaut, et la forme pavimenteuse qu'affectent ultérieurement quelques cellules serait plutôt l'indice d'une sorte de retour au type ectodermique originel. Nous rappellerons cependant qu'exceptionnellement on peut rencontrer des fibrilles nerveuses comme partie constituante des vestiges médullaires, ainsi que nous en avons rapporté un exemple chez le fœtus de 37 millimètres; dans la seconde partie de ce travail, nous aurons de même occasion de signaler plusieurs tumeurs nerveuses congénitales développées aux dépens de ces vestiges.

Chez aucun des fœtus que nous avons passé en revue, nous n'avons pu décéler la présence de cils vibratiles à la surface libre des cellules prismatiques des vestiges coccygiens, bien que les excavations de certaines tumeurs qui proviennent manifestement de ces vestiges soient tapissées par un épithélium cilié, ainsi d'ailleurs que le canal de l'épendyme chez l'adulte. Le manuel opératoire ne paraît pas devoir être mis en cause, car sur des fœtus soumis au même réactif (liquide de Müller pendant plusieurs mois), l'épithélium de la trachée et de l'œsophage se montre garni de cils vibratiles dès le troisième mois de la vie intra-utérine. Le mode de formation des cils vibratiles est à peu près inconnu, et l'époque de leur apparition à peine indiquée pour les principaux organes. Il ne sera pas sans intérêt de rappeler comparativement ici, que les cellules prismatiques de la muqueuse de l'utérus sont encore dépourvues de cils au moment de la naissance.

§ 2. — La queue chez l'homme. — L'éminence coccygienne. La fossette coccygienne et le ligament caudal.

La question de l'existence d'une queue rudimentaire dans l'espèce humaine a été vivement discutée et a fait l'objet d'un grand nombre de publications dans ces dernières années.

Il ressort surtout des travaux de Ecker (*Icones physiologicæ*, Leipzig, 1859, et *Besitzt der menschliche Embryo einen Schwanz*, *Arch. f. Anat. und Entwickelungsgeschichte*, 1880) et de His (*Anatomie menschlicher Embryonen*, et *Ueber den Schwanztheil des menschlichen Embryo*, *Arch. f. Anat. und Entwickelungsg.*, 1880) que l'embryon humain de la première moitié du deuxième mois (embryon de 8 à 15 millim.) possède une véritable queue sous forme d'un prolongement conique débordant en arrière le cloaque et recourbé en avant et en haut vers la face ventrale. Ce prolongement caudal comprend deux segments distincts, l'un supérieur possédant des vertèbres (segment vertébral), et l'autre qui en est dépourvu. Ce dernier, qui renferme la portion terminale de la corde dorsale et celle du tube médullaire, a été assimilé au filament caudal (Schwanzfaden) des mammifères (voy. Stieda, *Stenographischer Bericht über die Versammlung der deutschen anthrop. Gesellschaft in Berlin*, 1880 ; Braun, *Würzb. Gesellschaft*, Bd. XV, et *Entwicklungsvorgänge am Schwanzende bei Säugethieren*, *Arch. f. Anat. und Entwickelungsg.*, 1882), et paraît destiné comme lui à se résorber et à disparaître entièrement (1).

C'est à une persistance anormale de ce filament qu'on a attribué l'existence des *queues molles* et des divers appendices de la région caudale (His, Braun, *l. c.*) signalés par différents observateurs. L'étude de ces formations, considérées chez nous comme des anomalies, mais qui paraissent se trouver à l'état normal chez certains peuples, a été faite surtout, jusqu'ici, au point de vue anthropologique (M. Bartels, *Ueber Menschenschwänze*. *Arch. für Anthropologie*, XII et XV. — A. Ecker. *Ibid.*, XII et XIII. — Virchow, *Berliner klin. Wochenschrift*, 1884. — Freund, *Virch. Arch.*, 1886, etc...).

(1) Suivant Braun, l'extrémité de la queue est représentée chez les jeunes embryons d'oiseaux et de mammifères par une portion arrondie, séparée du reste par un étranglement circulaire, le *nodule caudal* (Schwanzknöpfchen). Chez les mammifères, ce nodule (embryon de mouton de 10 à 16^{mm}) n'est que transitoire et s'allonge bientôt, constituant un segment postérieur et aminci, le *filament caudal* (Schwanzfaden) qui paraît comme implanté sur le segment antérieur auquel il fait suite (embryon de mouton de 4 à 7 cent.).

Le segment antérieur (ou proximal) contient seul des vertèbres ; le filament caudal renferme primitivement l'extrémité de la notocorde, de la moelle et de l'intestin post-anal. Toutes ces parties disparaissent ultérieurement par résorption, ainsi que le filament tout entier ; c'est sa gaine épidermique qui se conserve le plus longtemps, de sorte qu'aux derniers stades de son existence, le filament paraît composé à peu près exclusivement de cellules épithéliales cornées.

Pour les auteurs que nous venons de citer, la queue de l'embryon humain ne possède pas de vertèbres supplémentaires : le nombre total des vertèbres s'élève à 34 (His). Mais, ainsi que le fait remarquer fort judicieusement Braun (*loc. cit.*), la polémique relative à l'existence d'une queue chez l'embryon humain repose en grande partie sur une question de terminologie. Chez les mammifères, en effet, on désigne les vertèbres qui font suite postérieurement au sacrum sous le nom de vertèbres caudales, tandis que chez l'homme ces mêmes vertèbres sont appelées vertèbres coccygiennes.

Les recherches récentes de H. Fol (*Comptes rendus Acad. des Sciences,* 8 juin 1885) et de C. Phisalix (*Acad. des Sciences,* 14 mars 1887) sont venues élargir le débat, et fournir une éclatante démonstration de l'existence de la queue humaine, en montrant que l'embryon de 8 à 9 millimètres possède 38 vertèbres. A la sixième semaine (12 millim.), les trois dernières vertèbres sont confondues, et à la septième (19 millim.) il n'y a plus que 34 vertèbres. D'autre part, Freund (*l. c.*) a décrit chez un enfant de cinq mois un coccyx formé de 5 vertèbres et dont la pointe, fortement incurvée vers le dos, répondait à la base d'implantation d'une queue molle assez développée. En présence de toutes ces données, il n'est plus guère possible de mettre en doute l'existence d'un véritable appendice caudal chez l'homme, bien que cette queue humaine se trouve généralement réduite à des vestiges rudimentaires, et qu'elle disparaisse même complètement à l'âge adulte, au moins chez les races supérieures.

Le segment vertébral de la queue de l'homme, qui contient les vertèbres coccygiennes ou caudales, s'atténue graduellement, mais la saillie qu'il détermine à la partie inférieure du tronc reste appréciable jusqu'au cinquième mois de la vie fœtale. Ecker a donné, dès 1859, à cette saillie le nom d'éminence coccygienne (Steisshöcker). Plus tard, il ajoute : « Je crois que personne ne mettra en doute que cette éminence résulte d'une réduction de l'appendice caudal » (*Arch. f. Anthrop.,* 1879, p. 144). On a vu plus haut la description de l'éminence coccygienne chez notre fœtus de 37 millimètres.

Vers le milieu du cinquième mois de la vie fœtale (fœtus de 16/23,5 centim.), l'extrémité inférieure du tronc, fortement incurvée en avant jusqu'à ce stade, commence à se redresser, et ce

redressement paraît surtout dû au développement prépondérant des parties molles. L'éminence coccygienne s'efface ainsi peu à peu, et finit par disparaître complètement. Dans certains cas on voit se creuser, au point répondant à cette saillie, une dépression, tantôt circulaire, tantôt allongée, connue sous le nom de fossette coccygienne (*foveola coccygea*). Roser paraît être le premier observateur qui ait signalé l'existence d'une fossette coccygienne. Voici comment il s'exprime dans son *Anat. chirurgic.* 1853 : « Par suite d'une invagination s'effectuant chez le fœtus, il peut se former soit une fossette, soit une sorte de fistule ou un kyste. On trouve chez beaucoup de personnes, à la partie supérieure de la région du coccyx, une dépression qui ne peut être considérée que comme une invagination de la peau du fœtus. Si l'on suppose que cette fossette soit un peu plus profonde, il en résultera un trajet fistuleux. Si cette fistule s'oblitère, on aura un kyste. »

Luschka, de son côté, indique qu'à la limite la plus reculée de la région ano-coccygienne il a parfois rencontré, ainsi que E. Fichte, une fossette (*foveola retro-analis*), pouvant se terminer en un petit canal borgne de plusieurs millimètres (*Anat.*, t. II, 1863). Luschka émet l'opinion que cette fossette répond peut-être à l'*Afterhöhle* de Remak (*Entwickl.* 1855) située en arrière de l'anus de Rusconi chez la grenouille.

Kuhn (*Bulletin de la Société impériale de chirurgie*, juillet 1867), mentionne de nouveau cette fossette qu'il rattache à une hydrorachis des premiers mois de la vie embryonnaire. « On rencontre chez beaucoup de sujets, dit-il; et notamment chez ceux qui naissent avec des difformités musculaires des membres inférieurs, une *dépression infundibuliforme*, espèce de cicatrice en cul-de-poule, quelquefois très profonde, toujours infiniment adhérente aux tissus fibreux de la colonne et se continuant avec la membrane qui revêt l'orifice inférieur du canal sacré. Elle est toujours située sur la ligne médiane, vers le niveau de l'articulation sacro-coccygienne.

La conformation singulière de cette cicatrice et son adhérence avec les tissus qui bouchent l'orifice inférieur du canal rachidien, permettent de supposer non sans quelque raison, qu'elle est la trace d'une ancienne hydrorachis périphérique des premiers temps de la vie embryonnaire, ayant été ouverte et puis cicatrisée. »

En 1874, Després, à propos d'un kyste de la région ano-coccygienne, signale l'existence constante d'une fossette médiane à 2 ou 3 millimètres en arrière de la marge de l'anus. La même année, Lawson Tait émettait l'opinion que cette fossette est le dernier vestige de la queue dont l'homme a jadis été pourvu.

Nous trouvons dans le traité d'anatomie de Krause (*Handbuch der menschlichen Anatomie*, 1879) la description suivante :

« Dans la région des dernières vertèbres sacrées et des premières vertèbres coccygiennes, au-dessus de la pointe du coccyx, là où les poils forment un tourbillon (*vertex coccygeus*, *Steisshaarwirbel*) on rencontre fréquemment un enfoncement dépourvu de poils, *foveola coccygea* (*foramen cæcum retro-anale*, *foveola retro-analis*).

En 1878, Féré, dans une communication à la Société anatomique, mentionne chez une petite fille de 5 ans une dépression circulaire infundibuliforme de 3 à 4 millim. de profondeur, située au niveau de la partie inférieure du sacrum. Cette disposition ne serait pas rare chez les jeunes sujets, et l'auteur dans des recherches ultérieures a pu rassembler 9 observations d'infundibula dont la profondeur variait de 2 à 5 millim. Féré rattache ces dépressions à la fermeture du canal rachidien. « L'existence de l'infundibulum sacro-coccygien lui-même ou de la fossette beaucoup plus fréquente, peut être rattachée à la fermeture du canal rachidien, à la formation de l'ombilic postérieur sur la position exacte duquel on n'est pas bien fixé jusqu'à présent. » Cette hypothèse de Féré fut acceptée plus tard dans ses points principaux par Terrillon (*Essai sur les fistules congénitales de la région lombo-sacrée* « *Revue de chirurgie* », 1882).

Les recherches de Kuhn, de Lawson Tait, de Féré et de Terrillon avaient passé inaperçues, lorsqu'en 1882 s'engagea devant la Société de chirurgie une remarquable discussion à laquelle prirent part Terrillon, Monod, Guéniot, Polaillon, etc. Lannelongue fut chargé de faire un rapport sur la question. Voici dans quels termes il s'exprime au sujet du développement de la fossette coccygienne :

« Ne sait-on pas, dit-il, que la gouttière médullaire résulte de la dépression du feuillet externe ou épidermique ; mais l'existence de cette gouttière n'est que de courte durée, et elle est promptement transformée en canal, par la soudure des lames

médullaires latérales. A ce moment, le feuillet épidermique n'est plus inclus, il repose et adhère en arrière à ces lames. Dans une période plus avancée, apparaît la masse protovertébrale aux dépens de laquelle se forment les vertèbres. Celle-ci passe en arrière entre le canal vertébral et la lame épidermique, comme elle s'insinue en avant du canal médullaire. Or, au niveau du sacrum, cette masse protovertébrale ne ferme plus en bas le canal sacré, et d'autre part, il ne vient ensuite s'interposer que fort peu de parties molles en arrière, puisque la région est réduite à la peau et au squelette. Il en résulte que le feuillet superficiel accolé plus tard au feuillet moyen, conserve des rapports plus étroits avec le squelette, et cela expliquerait d'une part la formation des dépressions plus ou moins profondes qu'on y rencontre, en second lieu, la présence presque exclusive de cet état anatomique dans la région sacro-coccygienne. » (*Soc. de chirurgie*, Mars 1882 p. 191).

Cette théorie de Lannelongue se trouve exposée et défendue dans les thèses de Peyramaure-Duverdier et de Couraud (*voy.* bibliogr.), ainsi que dans une dissertation allemande de H. Wendelstadt. D'après Peyramaure-Duverdier, sur 160 enfants, 28 fois la fistule occupait l'origine de la rainure interfessière; 40 fois elle répondait à l'articulation sacro-coccygienne, 32 fois à la pointe du coccyx, et enfin 10 fois les fossettes étaient multiples.

En présence des faits que nous venons d'indiquer, le mode de formation de la fossette coccygienne paraît être le suivant : les vestiges coccygiens de la moelle épinière qui se dirigent obliquement de bas en haut et d'avant en arrière de la dernière vertèbre coccygienne à la peau, sont accompagnés par des faisceaux lamineux qui leur constituent une sorte d'enveloppe et qui unissent l'extrémité inférieure de la colonne vertébrale à la face profonde du derme. Il résulte de cette disposition que dans le redressement de l'extrémité inférieure du corps, et dans le développement des parties molles (pannicule adipeux, muscles, etc.), la peau qui se trouve en regard des vestiges et qui répond à l'emplacement de l'ancienne éminence coccygienne, se trouve débordée progressivement par les parties voisines, et pourra tapisser une dépression infundibuliforme, la *foveola coccygea*.

Luschka et Ecker ont désigné les faisceaux lamineux unissant

le coccyx au fond de la dépression sous le nom de *ligament caudal*, et ce ligament a pu être constaté par nombre d'observateurs. C'est ainsi que Féré, en disséquant trois cas de fossettes coccygiennes, a reconnu que « la peau du fond de l'entonnoir était adhérente à la partie inférieure du sacrum et à la base du coccyx par des brides filamenteuses épaisses, courtes et résistantes (*Bullet. de la Soc. anat.* 1878, p. 312). Lannelongue a pu de même constater à l'endroit de la dépression un développement exagéré de tissu fibreux. De même Freund, dans un cas de queue molle sur un enfant de 5 ans, a observé un faisceau lamineux dense s'étendant de la pointe du coccyx dans la queue, et dans la direction du fond de la *foveola coccygea*.

Le ligament caudal accompagnant les vestiges coccygiens nous paraît ainsi jouer le rôle prépondérant dans la formation de la fossette coccygienne, ainsi que l'avait indiqué Lannelongue. La fossette coccygienne peut, en effet, exister même dans les cas où l'éminence coccygienne a persisté sous forme de queue. Une observation décrite par Féré (loc. cit.) est caractéristique à cet égard. « Dans un cas, j'ai trouvé, dit-il, en même temps que cet infundibulum, une déformation singulière du sacrum et du coccyx, dont la face postérieure présentait une direction verticale; le coccyx était même un peu dévié en arrière, de sorte que l'infundibulum semblait porté sur une éminence ». Dans le cas de Freund indiqué plus haut, où l'appendice caudal mesurait une longueur de 1 cent. 5, une dépression coccygienne très manifeste occupait le tiers interne de sa face supérieure (*Ueber Schwanzbildung beim Menschen*, *Virchow's Arch.* 1886).

Voici d'autre part les faits que nous avons pu constater sur nos préparations. Sur le fœtus de 16/23,5 cent. les vestiges médullaires coccygiens, très apparents entre la dernière pièce du coccyx et la peau, sont accompagnés dans leur trajet ascendant par des faisceaux lamineux émanés de la pointe du coccyx et allant se perdre par leur extrémité opposée dans les couches profondes du derme. En regard des vestiges coccygiens de la moelle épinière, le revêtement cutané ne présente pas d'involution pileuse, et il est à remarquer que les follicules des parties voisines sont inclinés en sens opposé, leurs extrémités profondes étant écartées par l'interposition des vestiges médullaires.

Sur le fœtus de 23/35 centim., nous trouvons en regard de la

dernière vertèbre coccygienne, une dépression profonde de deux millimètres, qui affecte la forme d'un entonnoir dirigé obliquement de haut en bas, le fond répondant exactement à l'extrémité du coccyx. Les parois de cette dépression sont tapissés par une membrane offrant tous les caractères du revêtement cutané, avec cette différence qu'elle ne donne naissance à aucun follicule pileux ; par contre, les glandes sudoripares y sont abondantes. Des faisceaux fibreux partant de l'extrémité du coccyx et accompagnant les vestiges médullaires vont se fixer de part et d'autre sur les parois de la dépression dont le fond se termine à une distance de moins de un millimètre de la pointe du coccyx.

Enfin, sur le fœtus de 29/41 cent., présentant un léger infundibulum coccygien, nous constatons, de même que chez les fœtus précédents, que le fond de la dépression se trouve réuni à l'extrémité du coccyx par l'intermédiaire d'un cordon fibreux dans l'épaisseur duquel sont logés les vestiges coccygiens. Ici encore la fossette coccygienne ne renferme pas de follicule pileux, mais elle possède des glandes sudoripares assez nombreuses.

§ 3. — Développement du segment caudal du tube médullaire chez les mammifères; rapports qu'affecte ce segment avec la terminaison de la corde dorsale et avec l'intestin caudal.

L'évolution de la portion caudale du névraxe chez les mammifères n'a guère été étudiée jusqu'ici que dans les stades très jeunes, et presque exclusivement au point de vue des rapports qu'affecte le tube médullaire avec l'intestin caudal (*canal neurentérique*). Kowalewsky le premier (*Arch. für. mikr. Anat.* VII, 1871, p. 114) a montré qu'il existe chez les vertébrés inférieurs (ascidies simples, amphioxus, plagiostomes, téléostéens) à un stade déterminé de la vie embryonnaire, une portion d'intestin qui s'étend dans la queue, au delà du point où se formera l'anus. Cet intestin caudal ou post-anal communique librement avec le tube médullaire (canal neurentérique ou myélentérique). Cette découverte s'est trouvée confirmée par les recherches d'Owsjannikow et de N. Wagner (*Bull. de l'Ac. de St-Pétersbourg*, XIV, 1870), sur l'esturgeon, de N. Bobretzky (cit. in Kœlliker, *Embryologie*) sur l'axolotl, de Gœtte (*Entwickelungsgesch. der Unke*, *Leipzig*, 1875) sur le bombinator, de Kuppfer (*Entwicklungvorgänge am Ei der Reptilien*. Kœnigsberg, 1878. — *Zool. Anz.* II, 39 à 43, 1879. —

Arch. für Anat. u. Entwicklungsgesch, 1882) sur les reptiles, de Balfour (*On the Early Developement of the Lacertilia*, *Quart. Journ. of. Micr. Sc.* XIX, 1879) et de Strahl (*Ueber die Entwickl. des Canalis myelo-entericus der Eidechse*, *Marb. Gesellsch*, 1880. — *Arch. für Anat. u. Entwicklungsgesch*, 1881) sur les lacertiens, de Balfour (*Quart. Journal of Micr. Sc.* XIV, 1876. — *Traité d'embryologie comparée. Tr. fr.* II, p. 709, 1885) et de His (*Arch. für Anat. u. Entwicklungsgesch*, II, 1887) sur les plagiostomes. Chez ces derniers, d'après Balfour, l'intestin post-anal présente (au moment où se forme l'anus) une ampoule terminale communiquant avec la portion préanale du tube digestif par un pédicule étroit ; c'est ce pédicule qui disparaît en premier lieu, tandis que la portion dilatée qui lui fait suite, ainsi que le canal neurentérique, persistent encore pendant un certain temps et ne s'atrophient que plus tard.

Gasser (*Der Primitivstreifen bei Vogelembryonen*, Cassel, 1879), Braun (*Entwickl. des Wellensittichs*, 1879-1881) et Kœlliker (*Embryologie*) ont constaté une disposition à peu près identique chez les oiseaux. Le canal neurentérique n'a pu être démontré d'une manière aussi nette chez les embryons de mammifères ; mais ceux-ci n'en possèdent pas moins un intestin caudal parfaitement développé, ainsi qu'il ressort des descriptions de Kœlliker (*Embryologie*) sur le lapin, de Lieberkühn (*Marb. Gesellsch.*, 1876) sur la taupe, de Braun (*Arch. für Anat. u. Entwicklungsgesch.* 1882) sur le mouton, de His, enfin, (*Anat. menschl. Embryonen*, 1880-1885) et de H. Fol (*C. r. Ac. Sc.*, 1883. — *Rev. méd. de la Suisse allemande*, 1884. — *Recueil zool. Suisse.* T. I. N° 3) sur l'embryon humain.

Mais la plupart de ces observateurs n'ont étudié que les premiers stades du développement, et ce n'est guère que dans le mémoire déjà cité de M. Braun, que nous trouvons quelques indications précises, se rapportant directement à notre sujet. D'après cet auteur, chez les embryons de mouton de 7^{mm}, le canal neural et l'intestin post-anal débordent tous deux en arrière la terminaison de la corde dorsale. Dans les stades de 16 à 20^{mm}, l'extrémité du tube digestif se renfle en ampoule ; le pédicule creux qui fait communiquer celle-ci avec le reste du canal alimentaire s'étire et s'amincit progressivement, si bien, que sur un embryon de 23^{mm} l'intestin caudal est fragmenté en plusieurs tronçons, l'ampoule terminale persistant sous forme d'une vésicule épithéliale.

La moelle se prolonge jusqu'auprès de l'extrémité de la queue, représentée seulement par quelques fibres nerveuses.

Dans la suite du développement, on assiste à l'apparition des vertèbres, en même temps qu'on voit l'extrémité de la moelle se résorber rapidement ainsi que les restes de l'intestin caudal. Exceptionnellement, Braun a vu persister chez un embryon de 38^{mm} « plusieurs fragments d'intestin, dont l'avant-dernier représente une vésicule épithéliale assez volumineuse » (l'auteur n'affirme pas absolument la nature intestinale de cette vésicule dont l'aspect diffère sensiblement de celui des autres vestiges). Chez le même embryon, la moelle caudale est formée de tractus de fibrilles nerveuses entremêlés de cellules, et dont l'un s'étend jusque dans le filament caudal (portion de la queue dépourvue de vertèbres); la corde dorsale déborde assez longuement en arrière l'ébauche de la dernière vertèbre et se termine en se pelotonnant sur elle-même dans la concavité que présente l'extrémité du tube médullaire incurvée vers la face ventrale du tronc.

Sur des embryons de 19, 26, 34 et 106^{mm}, la moelle caudale est constituée par des cordons fibrillaires montrant çà et là des amas de noyaux, de grosseur variable, munis ou non d'une cavité à leur centre; en certains points le canal central est double sur une partie de son trajet. L'extrémité se prolonge dans le filament caudal sous forme d'un faisceau de fibres émettant parfois des ramifications latérales. « Chez un embryon d'environ 25 centimètres (pigment épidermique abondant, follicules pileux bien développés) dont la queue a été décomposée d'arrière en avant en coupes transversales, les 74 premières coupes ne montrent dans leur partie axiale que du tissu conjontif, des vaisseaux et de petits troncs nerveux disposés sans ordre; mais sur une série de 16 coupes (de la 45e à la 61e) se voit une vésicule située exactement dans l'axe, longue de 340 μ et large d'un quart de millimètre environ, dont la paroi est formée par un épithélium pavimenteux stratifié. La signification de cette vésicule est douteuse; on pourrait la considérer comme un reste de l'intestin caudal. Son existence n'est pas constante; elle fait défaut sur plusieurs embryons plus jeunes, et d'autre part, elle ne paraît persister qu'exceptionnellement, car il n'y en avait aucune trace sur les queues de deux moutons adultes examinées à cet effet. » Chez ce même embryon, la dernière vertèbre apparaît sur la 74e coupe, le der-



nier vestige médullaire sur la 114°. Sur la série des coupes (allant jusqu'à 543, on constate que la moelle est fragmentée en plusieurs tronçons, pourvus ou non d'un canal central, ce dernier parfois bifurqué; les différents segments sont tantôt indépendants, tantôt reliés par des traînées de cellules ou de fibres. Ces vestiges sont cotoyés latéralement par deux branches nerveuses caudales venues de plus haut, avec lesquelles ils ne contractent qu'un simple rapport de voisinage.

De notre côté, nous avons pu observer un certain nombre de faits qui concordent d'une manière très sensible avec la description de Braun.

Embryons de mouton (étudiés sur des coupes longitudinales). 14 centimètres. L'extrémité du dernier cartilage vertébral n'est séparée de la face profonde de l'épiderme qui tapisse le bout de la queue que par un intervalle de 260 μ, comblé par du tissu lamineux pourvu d'un réseau capillaire assez abondant. L'épiderme ne renferme pas de grains pigmentaires, et présente des épaississements très peu marqués qu'on hésiterait à considérer comme la première ébauche des follicules pilo-sébacés s'ils n'étaient échelonnés d'une façon régulière sur toute l'étendue du tégument. Immédiatement en arrière de la dernière vertèbre, presque au contact du périchondre et très près de la ligne axiale, se voient deux amas arrondis d'aspect épithélial, dépourvus de cavité centrale et constitués par des cellules polyédriques entassées, dont les plus volumineuses ne mesurent pas plus de 10 à 12 μ. L'amas antérieur, plus gros, a environ 0,1^{mm} dans son plus grand diamètre, le postérieur est environ moitié moindre.

18 centimètres. On n'aperçoit qu'une petite masse cellulaire pleine, de forme allongée, appliquée contre l'extrémité de la dernière vertèbre. Son grand diamètre est de 45 μ, et elle n'est séparée que par un espace d'égale longueur des bourgeons pilo-sébacés du bout de la queue qui s'étendent à une profondeur d'environ 50 μ. Tous les cartilages vertébraux, à l'exception du dernier, possèdent un point d'ossification central.

20 centimètres. Un amas épithélial ovoïde, mesurant 120 μ sur 70 μ, de même composition que ceux de l'embryon de 14 centimètres est situé sur le côté de la pièce cartilagineuse répondant à la dernière vertèbre, à 0,1^{mm} environ en avant de la pointe. L'ossification chez cet embryon paraît moins avancée que chez le

précédent : les points sont visibles, sauf sur la dernière vertèbre, mais moins bien accusés ; les bourgeons appendus à la face profonde de l'épiderme ont presque la même longueur.

24 centimètres. Chez cet embryon un cordon épithélial fragmenté en sept tronçons s'étend le long de la colonne vertébrale sur une longueur de 4mm. Le plus antérieur de cette série de vestiges se trouve situé au niveau de la partie moyenne de la 4e vertèbre (en comptant d'arrière en avant), le dernier dépasse légèrement en arrière la pointe du rachis. Ils sont séparés les uns des autres par des espaces variant de quelques μ à 1 millimètre, et ne sont reliés ni par des traînées de cellules, ni par des tractus de fibres. Le plus volumineux, placé en regard de l'étranglement qui sépare les cartilages des 3e et 4e vertèbres (comptées d'arrière en avant), est long de 0,6mm, sur une largeur maxima de 80 μ; il possède un canal central assez régulièrement calibré dont le diamètre est de 18 μ. La paroi est constituée par un épithélium stratifié épais de 25 à 30 μ, formé de trois à quatre couches de cellules dont les plus internes affectent assez nettement le type prismatique ; les éléments périphériques sont polyédriques ou arrondis et constituent des saillies pleines, de configuration variable, à la surface du conduit principal, de sorte que ce dernier est loin de présenter extérieurement une forme régulièrement cylindrique. Parmi les autres amas, il en est qui sont creusés d'excavations anfractueuses; les plus petits sont pleins et composés uniquement d'éléments polyédriques étroitement tassés.

La queue de cet embryon était tordue sur elle-même dans divers sens, de sorte qu'il nous a été impossible d'établir exactement l'orientation des coupes ; nous ne pouvons donc déterminer, d'après les données topographiques, s'il s'agit de vestiges médullaires ou de restes de l'intestin caudal. Cependant la conformation des amas épithéliaux et l'absence totale de tractus unissants, nous font incliner plutôt vers la dernière alternative. Il s'agirait donc, très probablement, d'un cas analogue à celui que Braun a relaté sur un embryon beaucoup plus jeune (38mm). Dans cette hypothèse, il faudrait admettre que toute trace de la moelle a disparu chez notre embryon ; nous noterons en outre un développement plus accusé des involutions épithéliales pilo-sébacées et sudoripares, l'absence de points d'ossification dans les vertèbres dont la dernière est très courte et comme rudimentaire (sa

longueur n'est que de 0,45^{mm}, tandis que l'avant-dernière vertèbre ainsi que la 3e mesurent plus de 1^{mm}, la 4e 1,5^{mm}, etc.), enfin l'existence d'une queue molle assez prononcée, s'étendant à 4^{mm} au delà de la pointe du rachis.

Sur un embryon plus âgé (dont malheureusement la longueur n'a pu être déterminée avec précision), nous avons trouvé vers le milieu de la dernière vertèbre une vésicule de forme ovalaire tapissée par une seule couche de cellules épithéliales cubiques.

Des coupes transversales sériées nous ont montré des faits analogues bien que ce mode d'examen donne, pour le sujet qui nous occupe des résultats beaucoup moins démonstratifs que ceux fournis par les coupes en long.

En résumé, nous pouvons conclure de nos observations que les embryons de mouton présentent ordinairement, sinon d'une façon constante, dans la partie terminale de la queue des vestiges soit médullaires, soit intestinaux, au moins jusqu'au stade de 25 centimètres.

Sur la queue d'un *fœtus de veau* de 20 centimètres (coupes longitudinales), nous trouvons une traînée épithéliale de forme irrégulière, longue de 0,5^{mm}, située contre le dernier cartilage vertébral qu'elle dépasse en arrière des deux tiers environ de sa longueur. Un second fœtus, de 24 centimètres, montre cinq vestiges échelonnés : un contre la pointe du rachis ; un vers la partie moyenne de la dernière vertèbre ; deux vers la jonction de cette vertèbre avec l'avant-dernière ; enfin un autre, beaucoup plus haut, un peu au-dessus de l'articulation des 5e et 6e vertèbres (à compter de la dernière), à 12^{mm} de l'extrémité de la queue. Ce dernier reste, beaucoup plus volumineux que les autres, a une forme à peu près circulaire et mesure 1/4 de millimètre de diamètre ; il paraît constitué par un tube épithélial replié sur lui-même, formé de 2 à 3 plans de cellules, et dont la lumière centrale fort étroite, sectionnée en deux points, est limitée par une couche de cellules prismatiques.

Braun de son côté relate des observations de restes (considérés comme appartenant à l'intestin caudal) d'un aspect analogue constatés sur des embryons de chat et de souris.

Il nous reste à décrire une disposition un peu différente que nous ont présentée les embryons de lapin (coupes longitudinales). Dans les stades jeunes (25, 30 et 35^{mm}) le tube médullaire s'étend

jusqu'à l'extrémité de la colonne vertébrale où il se termine en cul-de-sac au voisinage immédiat de l'épiderme; sur aucun des embryons examinés nous, n'avons trouvé trace de l'instestin post-anal.

Sur des embryons beaucoup plus avancés (85^{mm}) la même disposition persiste : depuis la terminaison du dernier cartilage vertébral jusqu'à l'orifice inférieur du canal sacré, on peut suivre un tube épithélial pourvu d'une lumière centrale très nette et allant se continuer avec les parties centrales de la moelle épinière. En d'autres termes, le filum terminale se prolonge, en s'atténuant progressivement, en arrière de l'hiatus sacré jusqu'au bout de la queue. A ce niveau, le tube médullaire finit en cœcum étroit ou en cordon plein, sans présenter de renflement appréciable. Examiné en regard du dernier cartilage vertébral, il offre l'aspect d'un conduit à peu près rectiligne, régulièrement cylindrique; la paroi composée de 3 ou 4 rangées de petites cellules polyédriques mesure environ 20 μ d'épaisseur; le canal central a environ 10 μ, de sorte que le diamètre total ne dépasse pas 50 μ.

Eu égard à ce qui précède, nous pouvons dire, avec Braun, que l'extrémité de la moelle présente chez la plupart des mammifères des phénomènes de résorption aboutissant apparemment à la formation du filum terminale; que l'ascension de la moelle est due d'une part à l'allongement plus rapide de la colonne vertébrale, d'autre part à la résorption de la moelle caudale qui disparaît jusqu'au point où vient finir en cœcum le canal central du filum. Ce sont là des conclusions analogues à celles que nous avons émises en ce qui concerne la portion sacro-coccygienne de la moelle chez l'homme. Chez le lapin la résorption paraît s'effectuer plus tardivement, si tant est qu'elle se fasse.

Quant aux vestiges constatés dans la queue des mammifères, les données dont nous disposons sont trop incomplètes et trop disparates pour que nous puissions dès, à présent, déterminer exactement la provenance des formations épithéliales isolées qui avoisinent les dernières vertèbres, et distinguer les débris du tube médullaire de ceux de l'intestin post-anal. Ce sont des points qui exigent de nouvelles recherches, et la plus grande réserve est encore indiquée sur ce chapitre, d'autant plusque Braun décrit en outre, en arrière de la dernière vertèbre, chez des embryons de porc de 6 à 7 centimètres, des restes, ou plutôt l'extrémité même

de la corde dorsale pourvue d'une cavité centrale que limitent des cellules cylindriques, comme chez les oiseaux.

Il était particulièrement intéressant pour nous de signaler, conjointement avec les vestiges médullaires, la persistance possible de restes de l'intestin caudal, ce fait ayant une certaine importance au point de vue des productions pathologiques de la région. (Voir à la II[e] partie.)

§ 4. — Sur l'existence d'un vestige caudal du tube médullaire chez l'embryon de poulet.

Nous avons montré précédemment la persistance de vestiges médullaires en arrière de la pointe du coccyx pendant toute la période fœtale chez l'homme. Après avoir passé en revue un certain nombre de mammifères, nous avons également recherché si le névraxe des oiseaux ne présentait pas dans sa portion terminale ou caudale une évolution analogue. A cet effet, nous avons décomposé en coupes sagittales les extrémités postérieures de quatre embryons de poulet, de 4, 6, 11 et 14 jours.

Sur l'embryon de 4 jours, on constate que le tube médullaire, doublé à sa face ventrale par la corde dorsale, se prolonge jusqu'à l'extrémité de la queue : on le voit déborder inférieurement la dernière vertèbre caudale, puis se recourber en avant, et venir adosser son cul-de-sac terminal, légèrement contourné, à la face profonde de l'épiderme dont le séparent à peine quelques éléments conjonctifs. Les parois du tube médullaire caudal sont constituées essentiellement par des cellules affectant en avant la disposition d'un épithélium prismatique stratifié d'une hauteur de 30 μ; les cellules de la face postérieure, petites, polyédriques, forment un revêtement peu élevé (12 μ). Vers la terminaison contournée et bosselée du tube médullaire, toutes les cellules revêtent la forme polyédrique, et ne se délimitent qu'imparfaitement des éléments ambiants.

Chez l'embryon de 6 jours, la disposition générale ne s'est pas sensiblement modifiée. La paroi profonde du segment post-vertébral de la moelle, en rapport avec la corde dorsale, est toujours la plus épaisse (35 μ); la paroi externe est intimement accolée à la face profonde de l'épiderme. L'épaisseur de cette double couche médullaire et épidermique ne dépasse pas 25 μ.

L'embryon de 11 jours nous montre appendu à l'extrémité ver-

tébrale de la queue un petit renflement qui rappelle en tous points le nodule caudal (Schwanzknöpfchen) de la queue des mammifères. Ce petit renflement ne renferme que la terminaison du tube médullaire et peut-être de la corde dorsale. A sa surface, l'épiderme, moins élevé (15 µ) que sur les parties voisines du tégument (30 µ), repose immédiatement sur l'extrémité de la mœlle. Signalons encore chez cet embryon, la présence, au milieu des éléments qui composent les parois du tube médullaire caudal, de cellules ramifiées, pigmentées, se rapprochant par tous leurs caractères des chromoblastes inclus dans l'épiderme. Vers le sommet du nodule caudal, on peut même voir des cellules pigmentées, dont le corps cellulaire est logé au milieu des cellules médullaires, envoyer des prolongements également pigmentés entre les cellules épidermiques superficielles.

Chez l'embryon de 14 jours, le nodule caudal a disparu. De plus le segment post-vertébral du tube médullaire s'est résorbé dans presque toute sa longueur, ne laissant au voisinage de sa terminaison qu'un petit vestige sous forme d'un amas de cellules polyédriques creusé d'une cavité centrale (pl. XXV, fig. 10, *c*). Ce vestige est distant d'environ 500 µ de l'extrémité inférieure de la mœlle, à laquelle il se trouve d'ailleurs rattaché par quelques tractus conjontifs; son épaisseur est de 65 µ. On distingue encore au milieu des éléments qui le constituent, une cellule pigmentée : sa distance à l'épiderme est de 130 µ.

Nous n'avons pas eu occasion de rechercher ce que devient ce vestige médullaire dans les stades ultérieurs, et s'il persiste jusqu'à l'éclosion du jeune. Il nous a paru toutefois intéressant de signaler ce fait et de le rapprocher du développement de l'extrémité inférieure de la moelle chez l'homme et chez les mammifères.

CONCLUSIONS.

Les conclusions qui résument les faits précédents peuvent être formulées ainsi :

1° Au commencement du troisième mois lunaire de la vie fœtale (fœtus 37 millim.), le tube médullaire se prolonge en bas jusqu'à l'extrémité de la colonne vertébrale, dans l'éminence coccygienne; son segment terminal, répondant à la dernière vertèbre du coccyx, est légèrement renflé et contracte des adhé-



rences par sa face postérieure avec les couches profondes de la peau.

2° Vers la fin du même mois (fœtus 7,9/10,5 cent.), la colonne vertébrale se développant plus rapidement que les parties molles, entraîne avec elle la portion attenante du tube médullaire dont l'extrémité continue à adhérer au tégument externe. Il résulte de cette inégalité de croissance que la portion terminale ou coccygienne du névraxe se recourbe et décrit une anse dont la branche profonde est en rapport avec la face dorsale des vertèbres coccygiennes (segment coccygien direct), et dont la branche postérieure se dirige obliquement de bas en haut et d'avant en arrière (segment coccygien réfléchi).

3° Dans le courant du quatrième mois lunaire (fœtus 10,5/14,5 cent.), le segment coccygien direct s'atrophie et disparaît ; le segment dorsal ou réfléchi continue à évoluer : nous proposons de donner aux amas cellulaires qui le constituent, le nom de *vestiges coccygiens* du tube médullaire.

4° C'est pendant le cinquième mois lunaire que ces vestiges médullaires coccygiens atteignent leur maximum de développement (fœtus 13,5/20 et 16/23,5 cent.) ; ils sont constitués par des cordons ou des amas de petites cellules sphériques ou polyédriques, creusés d'excavations irrégulières que limite une couche de cellules prismatiques, polyédriques ou pavimenteuses suivant les points envisagés. Des faisceaux de fibres lamineuses les rattachent à l'extrémité du coccyx (ligament caudal).

5° A partir du sixième mois de la vie fœtale, les vestiges coccygiens subissent une atrophie progressive, mais on peut encore en retrouver des restes au moment de la naissance.

6° L'extrémité inférieure du tronc est incurvée en avant jusqu'au milieu du cinquième mois lunaire (fœtus 16/23,5 cent.). A ce moment, les parties molles prennent un développement considérable, la région ano-coccygienne s'allonge et se redresse et l'éminence coccygienne s'efface complètement.

7° Dans cet accroissement des parties molles qui refoule en arrière le tégument cutané, la peau située en regard des vestiges coccygiens reste fixée à la pointe du coccyx par les fibres du ligament caudal. Dans certains cas, ces fibres ne se prêtent pas à l'extension des parties voisines : la peau s'invagine et constitue

alors une dépression infundibuliforme plus ou moins profonde (*fossette coccygienne*).

8° Les parois de cette fossette coccygienne sont tapissées par le revêtement cutané dépourvu de follicules pileux; par contre, les glandes sudoripares y sont abondantes.

9° Le segment caudal du tube médullaire des jeunes embryons de mammifères (mouton, veau, etc.) présente des phénomènes d'atrophie en tous points semblables à ceux que l'on observe dans l'espèce humaine. Dans la portion terminale de la queue des embryons plus avancés en évolution, on rencontre habituellement des vestiges épithéliaux plus ou moins développés; mais nous ne pouvons encore indiquer actuellement si ces restes proviennent du névraxe ou de l'intestin post-anal. Il paraît probable cependant qu'ils peuvent reconnaître, suivant les cas, l'une ou l'autre origine.

10° Nous avons retrouvé chez le poulet un développement sensiblement analogue de l'extrémité inférieure du tube médullaire. Chez l'embryon de 14 jours, le segment post-vertébral ou caudal du névraxe s'est atrophié dans presque toute sa longueur, ne laissant au voisinage de sa terminaison qu'un petit vestige cellulaire creusé d'une cavité centrale.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

Al. Ecker. — Icones physiologicæ. Leipzig, 1859.

E. Rosenberg. — Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule und das Centrale carpi des Menschen, Morphologisches Jahrbuch, 1876.

Bartels. — Ueber Menschenschwänze, Arch. f. Anthropol., XII (1879) et XV.

A. Rauber. — Zoolog. Jahresbericht, 1880, page 85.

A. Ecker. — Besitzt der menschliche Embryo einen Schwanz. Arch. f. Anat. und Entwickelungsgeschichte, 1880.

W. His. — Ueber den Schwanztheil des menschlichen Embryo. Arch. f. Anat. und Entwickelungsgeschichte, 1880.

Stieda. — Stenographischer Bericht über die Versammlung der deutschen anthrop. Gesellschaft in Berlin, 1880.

M. Braun. — Entwickelungsvorgänge am Schwanzende bei Säugethieren. Arch. f. Anat. und Entwickelungsgeschichte, 1882.

H. Fol. — Sur la queue de l'embryon humain. Acad. des Sciences, 8 juin 1885.

C. Phisalix. — Sur l'anatomie d'un embryon humain de 32 jours. Acad. des Sciences, 14 mars 1887.

G. Saint-Remy. — Recherches sur la portion terminale du canal de l'épendyme chez les Vertébrés. Paris, Savy, 1887.



FOSSETTE COCCYGIENNE.

Roser. — Anat. chirg., 1853.

Luschka. — Anat., t. II, 1863.

Kuhn (Lettre). — Bulletin de la Société impér. de chirurgie, 24 juillet et 6 août 1867.

Després. — Société anat., 1874, page 502.

Lawson Tait. — Congrès pour l'avancement des sciences à Dublin, 1877.

Féré. — Société anat., 1878, pages 312 et 532.

A. Ecker. — Arch. f. Anthropologie, 1870, Bd. 12.

Terrillon. — Fistules congénitales de la région lombo-sacrée, Soc. de chir., 15 janvier 1882. — Essai sur les fistules congénitales de la région lombo-sacrée, *Revue de chirurgie*, mars 1882, p. 273.

Lannelongue (Rapport). — Mémoire sur les fistules et les dépressions cutanées congénitales para-vertébrales inférieures. Soc. de chir., mars 1882.

Meurtaux. — Infundibulum coccygien et fistule para-coccygienne. Soc. de chirurgie, mars 1882.

Pozzi. — Deux observations de fistules para-coccygiennes d'origine congénitale. Société de chirurgie, mars 1882.

Peyramaure-Duverdier. — Des dépressions et fistules congénitales cutanées de la région sacro-coccygienne. Thèse. Paris, 1882.

Couraud. — Contribution à l'étude des dépressions, fistules congénitales cutanées et kystes dermoïdes de la région sacro-coccygienne. Thèse. Paris, 1883.

Hermann Wendelstadt. — Ueber angeborne Hauteinstülpungen und haarhaltige Fisteln in der Sacrococcygealgegend. Diss. inaug. Bonn., 1885.

Freund. — Ueber Schwanzbildung beim Menschen, Virchow's Arch. 1886.

Lannelongue et Achard. — Traité des kystes congénitaux. Paris, 1886.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche XXIV.

Fig. 1. — Section sagittale de l'extrémité inférieure du tronc sur un fœtus humain ♀ de 37 millim. (Chambre claire; grossissem. : 10/1.)

a, tube médullaire avec son renflement terminal *c*; — *b*, colonne vertébrale; — *ch*, corde dorsale : — *d*, éminence coccygienne.

Fig. 2. — Même coupe, à un grossissement de 60/1.

b, dernière vertèbre coccygienne ou caudale; — *r*, tractus nerveux rattachant le renflement médullaire terminal à l'extrémité inférieure de la moelle; — *c'*, substance fibrillaire du renflement terminal; — *ps*, paroi dorsale du même renflement à épithélium polyédrique stratifié; — *pp*, paroi profonde à épithélium prismatique stratifié; *ch*, peloton terminal de la chorde dorsale.

Fig. 3. — Section sagittale de l'extrémité caudale sur un fœtus ♀ de 7,9/10,3 centim. (Chambre claire; gr. : 10/1.)

a, tube médullaire avec son segment coccygien direct *c* et son segment coccygien réfléchi *c'* (—• vestiges médullaires coccygiens); — *r*, paroi postérieure du rectum avec ses deux couches musculaires dont l'externe traverse inférieurement le sphincter strié; — *an*, paroi postérieure de l'anus; — *ch*, chorde dorsale.

Fig. 4. — Même coupe à un grossissement de 27/1.

c, segment coccygien direct; — *c'*, segment coccygien réfléchi; — *b*, vertèbres coccygiennes traversées par la chorde dorsale *ch*.

Fig. 5. — Section transversale intéressant les vestiges médullaires coccygiens sur un fœtus ♂ de 10,5/14,5 centim. (Chambre claire; gr. : 38/1.)

b, vertèbre coccygienne; — *c'*, vestiges médullaires paracoccygiens; — *ép*, épiderme.

Planche XXV.

Fig. 6. — Section sagittale de l'extrémité coccygienne sur un fœtus humain ♀ de 16/23,5. (Chambre claire; gr. : 30/1.)

b, *b*, vertèbres coccygiennes cartilagineuses; — *c'*, vestiges médullaires; — *ép*, épiderme avec un follicule pileux *p*.

Fig. 7. — Vestiges médullaires coccygiens du même fœtus à un grossissement de 245/1.

c p, cavité principale limitée en avant par des cellules pavimenteuses et en arrière par des cellules prismatiques; *v*, *v*, *v*, vacuoles anfractueuses creusées dans la paroi cellulaire des vestiges.

Fig. 8. — Section sagittale de l'extrémité coccygienne sur un fœtus ♀ de 20/31 centim. (Gr. : 7/1.)

b, extrémité inférieure du coccyx dont les vertèbres cartilagineuses renferment des vaisseaux sanguins; *c'*, vestiges médullaires rattachés à la pointe du coccyx par le ligament caudal *l*; — *s*, sphincter externe. On remarquera l'inclinaison en sens opposé des follicules pileux situés au-dessus et au-dessous des vestiges médullaires (vertex coccygeus).

Fig. 9. — Section sagittale de l'extrémité caudale sur un embryon de poulet du onzième jour. (Chambre claire; gr. : 20/1.)

a, tube médullaire avec son segment terminal *c*; — *b*, vertèbres caudales; — *g*, glande du croupion.

Fig. 10. — Même coupe sur un embryon de poulet de 14 jours. (Gr. : 35/1.)

a, tube médullaire; — *c*, vestige médullaire caudal; — *b*, vertèbres caudales — *p*, plume rectrice.

CONSIDÉRATIONS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

SUR

L'ARTICULATION SCAPULO-HUMÉRALE

Par Paul REYNIER
Chirurgien des Hôpitaux, Professeur agrégé.

La description de l'articulation scapulo-humérale telle que nous la trouvons dans nos traités classiques d'anatomie, ou dans les articles plus récents des dictionnaires de médecine, est sur un certain nombre de points incomplète. Les moyens d'union établis entre les deux surfaces articulaires sont imparfaitement étudiés, et des détails anatomiques, signalés depuis longtemps à l'étranger, ne se retrouvent pas dans les écrits français. Seul, M. Farabeuf dans son cours à l'École pratique de 1880, puis plus tard à la Société de chirurgie de 1885, complétait nos connaissances sur cette articulation en ajoutant à l'étude de la capsule articulaire celle de trois faisceaux ligamenteux, qui entrent dans la structure de cette capsule, et dont la présence avait été signalée dès 1853 par Schlemm dans les archives de Müller, par Barkow à la même époque dans sa syndesmologie, et plus tard par Morris (1879) dans son anatomie des articulations.

Étant prosecteur à l'École pratique en 1880, j'avais moi-même l'occasion d'étudier ces faisceaux ligamenteux.

Pendant toute une année je disséquai ou fis disséquer toutes les articulations scapulohumérales, qui passaient dans mon pavillon. Sur plus d'une centaine de pièces je pus ainsi constater la présence constante de ces bandes fibreuses, et vérifier l'exactitude d'une partie de la description de Schlemm. Mais en même temps, je me rendais compte de l'importance physiologique de ces ligaments, et pouvais sur ce point compléter cette description.

Dans une des séances de la Société anatomique de 1882, j'avais eu l'occasion de parler du résultat de ces recherches, mais ma

communication n'avait pas été suivie d'une note écrite, de telle sorte qu'elle ne fut mentionnée que très brièvement au procès-verbal.

C'est cette note que je publie aujourd'hui, dans la pensée de mettre un peu d'ordre dans toutes les descriptions parues jusqu'à ce jour.

Lorsqu'on examine de près la capsule articulaire, après avoir disséqué tous les muscles, et laissé leurs tendons seulement adhérents à l'os, on s'aperçoit qu'il est nécessaire de modifier la description des auteurs qui représentent cette capsule comme composée, « sur les points où elle offre le plus d'épaisseur, de fibres entre-croisées dans tous les sens, et sur ceux où elle devient plus mince de deux plans de fibres qui sont pour la plupart réciproquement perpendiculaires. »

Dans cette capsule on reconnaît aisément, surtout en l'examinant par sa partie interne, plusieurs bandes fibreuses. Ces bandes forment autant de ligaments qui jouissent d'une certaine indépendance anatomique, et dont le rôle physiologique paraît bien défini.

La synoviale passant d'un ligament à l'autre les réunit, et soutenue dans l'intervalle par quelques fibres transversales, constitue ainsi cette capsule en forme de manchon, décrite par tous les auteurs comme l'unique moyen d'union ligamenteux entre les deux surfaces articulaires.

Mais en injectant de suif l'intérieur de l'articulation, on voit cette synoviale faire hernie dans l'intervalle de ces bandes, que sans grand artifice par la dissection on sépare les unes des autres. On se rend ainsi compte de leur disposition, et en faisant mouvoir l'articulation dans plusieurs sens, on les voit se tendre isolément dans certaines positions. Devant cette double indépendance anatomique et physiologique, on est presque tenté de laisser de côté la description classique d'une capsule pour décrire à l'articulation scapulo-humérale plusieurs ligaments.

Ces ligaments sont au nombre de cinq, trois profonds intra-capsulaires, et deux superficiels extra-capsulaires.

Ligaments extra-capsulaires. — Les deux derniers sont les mieux connus. M. Sappey en a donné une description complète dans son traité d'anatomie.

Le premier est le *ligament coraco-huméral superficiel* (fig. 1)

(coracoïdien de Cruveilhier, coraco-bracchial de Schlemm, suspenseur du bras, de quelques auteurs).

Situé au-dessous du ligament acromo-coracoïdien, on ne le voit bien que lorsqu'on a détaché ce ligament, et abattu l'acromion.

De forme membraneuse il est étendu obliquement de haut en bas, de dedans en dehors, d'arrière en avant de l'apophyse coracoïde à la grosse tubérosité humérale. Son aspect quadrilatère permet de lui considérer quatre bords, un supérieur qui s'attache à toute la longueur du bord externe de l'apophyse coracoïde, un inférieur qui s'insère en se confondant avec le reste des fibres capsulaires au bord supérieur de la grosse tubérosité. Par son bord postérieur il se confond avec la partie postero-supéro-externe de la capsule; son bord antérieur se détache, au contraire, de cette capsule, et en est séparé par la séreuse sous-cora-

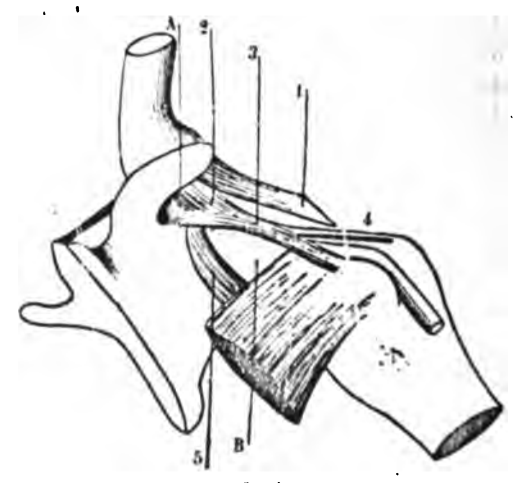


FIG. 1.

A. Apophyse coracoïde. — B. Foramen ovale.
1. Ligament coraco-huméral superficiel. — 2. Ligament coraco-huméral profond. — 3. Ligament gléno-huméral supérieur. — 4. Division du ligament gléno-huméral supérieur pour laisser passer le tendon du biceps. — 5. Ligament gléno-huméral moyen.

coïdienne, qui se prolonge sous la face inférieure du ligament, et facilite son glissement sur cette capsule dans les mouvements de rotation du bras.

La face supérieure de ce ligament est recouverte par une autre

séreuse, la séreuse sous-acromiale, qui la sépare de la face inférieure de l'acromion.

Le deuxième ligament *ligament coraco-huméral profond* (fig. 1) a été décrit par Schlemm sous le nom de ligament coraco-brachial comme un ligament distinct, puis par M. Sappey sous le nom de faisceau coraco-glénoïdien, comme la partie profonde du ligament précédent. Son rôle physiologique différent, ses connexions plus intimes avec la capsule, ses insertions distinctes, me semblent devoir le faire décrire à part.

Ce ligament situé entre les muscles sus-épineux et sous scapulaire, s'insère supérieusement à toute la partie postérieure du bord externe de l'apophyse coracoïde, qui s'étend du sommet de la cavité glénoïde au bord postérieur du ligament acromo-coracoïdien. De là il se dirige en dehors vers le sommet de la cavité glénoïde, et vient se confondre avec le ligament gléno-huméral supérieur que nous allons décrire tout à l'heure. Il forme avec ce ligament gléno-huméral un fort faisceau fibreux, qui creusé en gouttière à sa face profonde, sert en quelque sorte de lit au tendon de la longue position du biceps (voir fig. 2).

Ce faisceau fibreux inférieurement se divise en deux faisceaux, qui vont se fixer l'un à la partie supérieure de la petite tubérosité humérale en confondant ces fibres avec le tendon du sous-scapulaire, l'autre à la grosse tubérosité au bord supérieur de la fossette du sus épineux (fig. 1).

En s'écartant ainsi, les deux faisceaux fibreux limitent un orifice fibro-osseux, dont la partie osseuse est constituée par la gouttière bicipitale. Cet orifice laisse passer la partie intra-articulaire du tendon de la longue portion du biceps.

Ligaments intra-capsulaires.— Ces ligaments, avons-nous dit, sont au nombre de trois. Nous les désignerons avec Morris, sous les noms de ligaments gléno-huméraux, et nous les distinguerons en supérieur, moyen et inférieur. Farabeuf leur a donné des noms plus compliqués que nous mettrons entre parenthèses. Il tient ainsi compte de leurs insertions, et de leur position respective; mais ces noms sont difficiles à retenir, et il y a intérêt à les simplifier.

Ligament gléno-huméral supérieur. — (Coraco-brachial de Schlemm, sus-gléno sus-huméral de Farabeuf.) Ce ligament part du bourrelet glénoïdien avec lequel il se continue; il naît de ce

bourrelet au niveau de la partie supérieure de l'échancrure, que présente à la partie interne le rebord de la cavité glénoïde. Presque immédiatement, dès son origine, il se confond avec les fibres du ligament coraco-huméral profond, pour former un cordon fibreux très résistant, qui creusé en gouttière inférieurement va s'insérer aux deux tubérosités humérales.

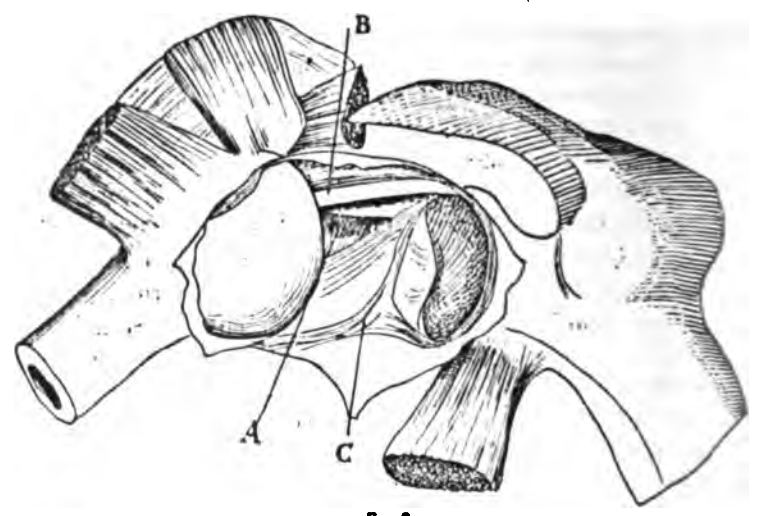


FIG. 2.

A. Foramen ovale.
B. Tendon du biceps.
C. Ligament gléno-huméral inférieur.

La difficulté qu'on a de séparer les deux ligaments a porté Schlemm à les décrire comme un seul ligament, ligament coraco-brachial qui naîtrait par deux racines, l'une glénoïdienne, l'autre coracoïdienne. Si nous n'acceptons pas cette manière de voir, c'est qu'il nous a semblé que dans leur fonction, ces deux ligaments se distinguaient.

Ligament gléno-huméral moyen. — Glénoïdo-brachial interne de Schlemm, pré-gléno-sous-huméral de Farabeuf.) Le second ligament s'insère comme le précédent sur le bourrelet glénoïdien, avec le tissu fibreux duquel il se continue, et par quelques fibres au pourtour osseux de la cavité glénoïde. Cette insertion a lieu à la même hauteur que l'insertion du ligament gléno-huméral supérieur.

De ce point le ligament se porte obliquement de haut en bas et d'avant en arrière pour aller se fixer à la base de la petite tubérosité humérale au-dessous du tendon du sous-scapulaire, avec laquelle il se confond.

Entre ce ligament et le ligament gléno-huméral supérieur, il reste un espace, ayant la forme d'une pyramide, dons le sommet serait tourné vers l'omoplate et la base vers l'humérus. C'est ce que Weibrecht a désigné dans sa syndesmologie sous le nom de foramen ovale (fig. 1). Par la partie inférieure de cet orifice le tendon du sous-scapulaire, refoulant devant lui la synoviale, pénètre dans l'articulation pour aller se fixer à la petite tubérosité humérale. Au-dessus du tendon la synoviale fait hernie dans cette sorte de boutonnière, et s'échappe sous forme d'un long sac ovale, qui se prolonge sous le muscle sous-scapulaire, et facilite son glissement.

Schlemm décrit de plus un petit faisceau de fibres qui se détachant du ligament gléno-huméral moyen, irait droit par dessus ce prolongement de la synoviale se confondre avec le tendon du sous-scapulaire.

Ce faisceau ne m'a pas paru constant. Je ne l'ai trouvé que très rarement.

Ligament gléno-huméral inférieur. — (Glénoïdo-brachial inférieur ou ligament large de Schlemm, prégléno-sous-huméral de Farabeuf.) Ce ligament est, des trois ligaments gléno-huméraux, le plus fort. Il est représenté par un large faisceau fibreux, aplati, en forme de ruban de 1 c. 1/2 de large, s'étendant du bourrelet glénoïdien, avec lequel il se continue comme les précédents, et du pourtour de la cavité osseuse glénoïdienne, pour aller s'insérer à la partie antérieure et inférieure du col huméral entre le sous-scapulaire et le petit rond. Son union avec le bourrelet glénoïdien se fait sur toute l'étendue du bord interne de la cavité glénoïde (fig. 2).

Variétés. — Si j'en juge par mes dissections, l'existence de ces ligaments m'a paru constante. Mais ils sont loin d'être aussi développés chez tous les sujets.

Très apparents chez quelques sujets, chez d'autres, surtout chez les femmes, ils sont bien moins développés et font à peine relief sous la synoviale.

Le ligament gléno-huméral inférieur est des trois, celui qui

subit le moins de variations. On le retrouve chez tous les sujets fort, large et résistant. C'est celui en effet, ainsi que nous allons le voir tout à l'heure, dont le rôle est le mieux défini.

Le ligament gléno-huméral moyen, et le ligament gléno-huméral supérieur sont au contraire plus variables dans leur force. Quelquefois le premier de ces ligaments est à peine appréciable, et se confond avec le ligament gléno-huméral inférieur, qui limite alors le foramen ovale. Mais chez quelques sujets ces ligaments se développent d'une façon extraordinaire, ainsi qu'on peut le voir sur ces articulations, que nous reproduisons d'après des dessins faits d'après nature par un de nos élèves, M. Peugniez (fig. 3 et 4).

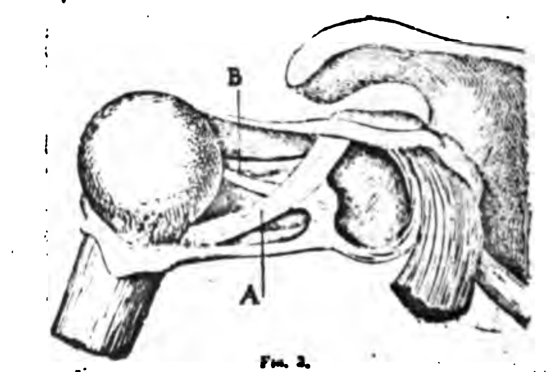


FIG. 3.
A. Ligament gléno-huméral moyen.
B. Ligament gléno-huméral supérieur.

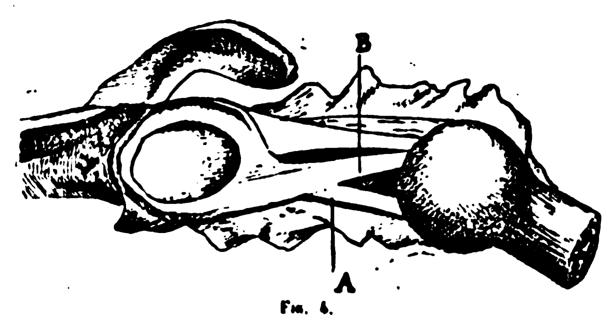


FIG. 4.
A. Ligament gléno-huméral moyen.
B. Ligament gléno-huméral supérieur.

Le ligament gléno-huméral supérieur se distingue alors nettement du ligament coraco-huméral profond, dont il est le plus

généralement difficile de le séparer, ainsi que nous l'avons dit précédemment.

Lorsque les deux ligaments gléno-huméraux supérieur et moyen sont ainsi développés, on peut suivre facilement la direction de leurs fibres. On les voit se croiser en sautoir pour aller se continuer : les fibres du ligament moyen avec la partie supéro-externe du bourrelet glénoïdien, les fibres du ligament supérieur avec la partie inféro-interne du même bourrelet.

Le plus généralement il est impossible de suivre ainsi ces fibres. Les deux ligaments semblent converger sur le bourrelet au sommet de la cavité glénoïde ; les fibres doivent toutefois, au niveau du bourrelet, se continuer comme nous l'avons dit supérieurement ; car lorsqu'on tire sur ces ligaments on tend la partie interne ou supérieure du bourrelet, suivant qu'on tire sur l'un ou sur l'autre de ces ligaments.

Physiologie. — Je reviens maintenant sur un des points de cette description anatomique, dont l'importance semble avoir échappé jusqu'à présent à tous ceux qui se sont occupés de ces ligaments.

Nous venons de voir que tous ces ligaments situés à la partie profonde de la capsule, viennent tous s'insérer sur le bourrelet glénoïdien, avec lequel ils se continuent. Cette union est si intime que lorsqu'une violence extérieure détermine leur arrachement, la partie correspondante du bourrelet glénoïdien se détache avec eux (fig. 6).

L'insertion de ces trois ligaments au bourrelet glénoïdien a lieu au voisinage de l'échancrure, qu'on remarque à la partie interne du rebord osseux de la cavité glénoïde. Or il est à remarquer qu'à ce niveau ce bourrelet jouit d'une certaine laxité.

Tandis que sur tout le reste du contour de la cavité, il adhère par une de ses faces très intimement à l'os, au niveau de l'échancrure il en est séparé par un cul-de-sac, qui s'étend plus ou moins profondément sous sa face profonde et la sépare de l'os. Quelquefois le bourrelet est tout à fait détaché, et passe au-dessus de l'échancrure sans y adhérer (fig. 5).

Or, comme toute cette partie interne du bourrelet glénoïdien est surtout formée par des fibres appartenant aux ligaments gléno-huméraux, il en résulte que lorsque ces ligaments se tendent ils tendent en même temps la partie interne du bourrelet, qu'ils détachent plus ou moins suivant que l'adhérence en est plus ou

moins lâche. Cette tension du bourrelet a un double but évident ; elle agrandit la cavité de réception pour la tête osseuse, et fourni à celle-ci un plan élastique et résistant, qui facilite ses mouvements, amortit les chocs et s'appliquant exactement sur la tête

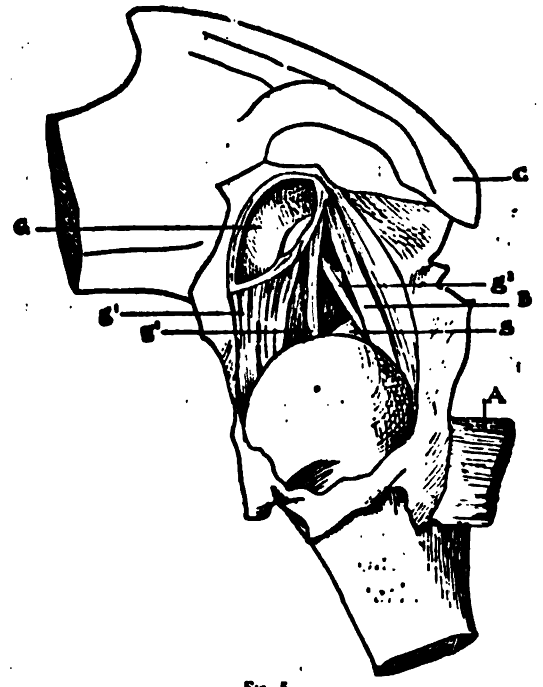


Fig. 5.

A. Muscle petit rond. — C. Apophyse-coracoïde. — G. Cavité glénoïde. — S. Muscle sous scapulaire. — B. Tendon du biceps.

g^1 Ligament gléno-huméral inférieur. — g^2 Ligament gléno-huméral moyen. — g^3 Ligament gléno-huméral supérieur.

humérale favorise l'influence de la pression atmosphérique, qui maintient cette tête appliquée contre la cavité glénoïde.

En même temps cette tension du bourrelet par les ligaments, empêche celui-ci dans certains mouvements d'être pincé entre la tête humérale et la cavité glénoïde.

La tension du bourrelet glénoïdien est surtout opérée par le ligament gléno-huméral inférieur le plus large, le plus fort, le moins variable dans son développement.

Or, celui-ci se tend dans le *mouvement de rotation en dehors et d'abduction*.

Si on provoque ce mouvement, après avoir sectionné tous les muscles, et laissé la capsule intacte, on se rend facilement compte que dans ce cas la tête humérale roulant dans la cavité glénoïde de haut en bas et de dedans en dehors, la partie déclive de la tête vient soulever le ligament capsulaire; dans ce mouvement, suivant la remarque de Malgaigne, la grosse tubérosité s'appliquant sur le rebord de la cavité glénoïde, l'humérus se transforme en un levier de premier genre, qui a pour point d'appui le rebord de la cavité, tandis que le corps de l'os, soumis aux tractions des muscles abducteurs représente la puissance. Dans ces conditions la tête humérale tend tout le temps à se luxer. Si cette luxation ne se produit pas, c'est que la tête est maintenue en partie par l'action du sous-scapulaire, et surtout par la résistance du ligament gléno-huméral inférieur, tendu devant cette tête, et s'opposant à son déplacement.

Mais qu'une violence extérieure, qu'un choc se produise sur le bras, lorsque les choses sont dans cet état, le ligament gléno-huméral inférieur cédera, et une luxation se produira en dedans.

Lorsque le ligament gléno-huméral cède ainsi, il ne se déchire pas devant la tête, il s'arrache soit au niveau de ses insertions inférieures, soit, ce qui est plus fréquent, presque la règle dans la luxation sous-coracoïdienne, au niveau de ses insertions glénoïdiennes. Il entraîne dans ce cas toute la portion du ligament glénoïdien, avec laquelle il se continue, et la tête humérale le soulevant se luxe par la déchirure capsulaire qui s'est faite au-dessous de lui.

Nous reproduisons ci-dessous un dessin, où on peut se rendre compte du mécanisme de la luxation tel que nous l'avons exposé. Ce dessin a été fait d'après une pièce provenant d'une luxation produite expérimentalement par nous sur le cadavre. En comparant ce dessin avec celui qui se trouve dans Follin et Duplay pour montrer les lésions de la luxation sous-coracoïdienne, on peut se rendre compte de la similitude des deux dessins, similitude qui prouve que les choses se passent généralement ainsi. La physiologie pathologique vient donc nous montrer que le ligament gléno-huméral inférieur est bien destiné, comme nous l'avons dit, à maintenir la tête humérale dans le mouvement de rotation et d'abduction. Cette action correspond à celle bien connue du ligament de Bertin qui dans l'articulation coxofemorale

limite le mouvement d'extension et d'abduction, mouvement dans lequel la tête fémorale tend à se déplacer.

Le rôle des ligaments *gléno-huméraux supérieur et moyen* est presque identique à celui du ligament précédent. Lorsque le *mouvement simple de rotation en dehors* se produit, la tête humérale roulant dans la cavité glénoïde a une tendance pour peu que l'extension se prononce, à se subluxer en avant; les ligaments gléno-huméraux supérieur et moyen se tendent dans ce mouvement en avant de la tête humérale et la repoussent en ar-

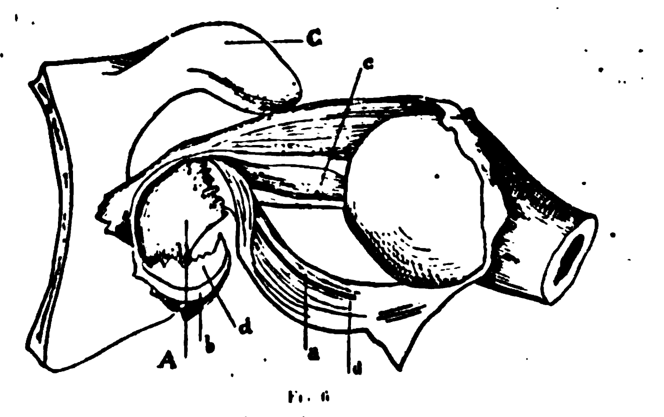


Fig. 6

C. Apophyse coracoïde. — A. Cavité glénoïde
a Ligament gléno-huméral inférieur arraché, et entraînant la partie interne du bourrelet glénoïdien. — b. Bourrelet glénoïdien. — d. Cartilage de revêtement de la cavité glénoïde arraché en partie. — c. Ligament gléno-huméral supérieur et ligament gléno-huméral moyen.

rière; en même temps par le fait de leur union avec le bourrelet glénoïdien, ils tirent sur la partie supérieure de ce bourrelet, et l'appliquent contre la tête humérale. Le mouvement simple de rotation en dehors étant moins fréquent que le mouvement de rotation avec abduction, on comprend que ces ligaments subissent de plus grandes différences dans leur développement, que le ligament gléno-huméral inférieur, dont l'action se manifeste dans ce dernier mouvement. Ces différences doivent tenir aux professions probablement; nous n'avons malheureusement pas pu nous renseigner sur celles des sujets qui nous avaient présenté ces ligaments très développés.

Lorsque le mouvement de rotation en dehors se combine avec celui d'extension et d'abduction, mouvement qui consiste à porter le coude en arrière en le laissant appliquer contre le corps; le

ligament *gléno-huméral supérieur* se tend avec le ligament *coraco-huméral profond* qui fixe solidement la tête humérale contre la cavité glénoïde. Comme l'a montré Cavayé dans une thèse bien faite, sous l'inspiration de M. Farabeuf, la tête humérale est dans cette position par le fait de la tension de ce dernier ligament en quelque sorte scellée à la cavité glénoïde. Dans cette attitude si l'on frappe fortement la tête humérale en arrière de l'articulation, l'omoplate et le bras étant fixés, il se produit un arrachement du col de l'omoplate, par le fait de la résistance extrême du ligament coraco-huméral profond, qui ne cède qu'en arrachant la portion osseuse sur laquelle il s'insère.

Le *ligament coraco-huméral* superficiel se tend dans l'*extension et l'adduction du membre,* et limite ces mouvements. Mais vu ses insertions supérieures, qui sont à une certaine distance des surfaces articulaires il ne saurait appliquer aussi exactement la tête humérale contre la cavité glénoïde et obvier à son déplacement. Le ligament, comme le nom qu'on lui a encore donné l'indique, semble devoir plutôt être regardé comme un ligament suspenseur du bras, venant en aide aux muscles pour lutter contre l'action de la pesanteur, lorsque le bras au repos pend le long du corps dans la position du port d'armes.

Tels sont les différents ligaments de l'articulation de l'épaule, ligaments dont le rôle, comme nous avons essayé de le montrer, est beaucoup plus grand qu'on ne pourrait le croire d'après la lecture des traités d'anatomie. On semble généralement, lorsqu'on parle du jeu de cette articulation, attacher peu d'importance aux parties ligamenteuses, pour regarder les muscles comme les véritables moyens d'union. Sans vouloir en rien nier l'importance très grande de l'action musculaire, nous avons voulu montrer que dans l'épaule comme dans les autres articulations, le système fibreux a son utilité physiologique, d'ailleurs, facile à prévoir, étant donnés les mouvements du membre supérieur.

On peut être frappé de ce fait que tous les ligaments sont à la partie interne. En dehors la capsule n'est pas fortifiée par des bandes ligamenteuses, et se trouve moins résistante. Cela tient à ce que le mouvement d'abduction dans lequel la tête humérale vient tendre la partie externe de la capsule, est forcément limité par la rencontre du thorax, et qu'il n'y a pas dans ce mouvement

grande tendance au déplacement de la tête. Il n'en est pas de même dans les mouvements d'adduction ou de rotation en dehors, qui peuvent être poussés très loin. Aussi trouvons-nous tous les obstacles disposés par la nature pour empêcher dans ces mouvements les déplacements de se produire.

Dans le mouvement d'abduction simple la tête rencontre devant elle le tendon du triceps, qui venant s'insérer sur le bourrelet glénoïdien à la partie inférieure, tend le bourrelet tout en résistant au déplacement de la tête.

SUR
L'APPAREIL COPULATEUR DU BÉLIER

(CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES ORGANES ÉRECTILES)

Par le Dr A. NICOLAS
Agrégé à la Faculté de médecine de Nancy.

(PLANCHES XXVI ET XXVII.)

Pendant le cours de recherches que nous avions entreprises sur l'histogénèse du système érectile, et examinant un jour une verge de mouton adulte, nous fûmes frappés par une disposition bizarre qu'affecte chez cet animal l'urètre à son extrémité antérieure. A la vérité le fait a été signalé, mais, outre que certains auteurs, Cuvier en particulier, n'ont pas reconnu sa véritable signification, son étude au point de vue histologique n'a pas été faite, sans compter qu'au point de vue anatomique on s'est borné à le noter sans y attacher d'autre importance. L'intérêt que présente cette particularité non seulement par rapport à la morphologie de l'appareil copulateur, mais encore par rapport à la constitution des organes érectiles en général, nous a engagé a en faire une étude aussi complète que possible tant anatomique qu'histologique, et à publier aujourd'hui les résultats auxquels nous sommes arrivés.

DESCRIPTION ANATOMIQUE.

Lorsqu'on considère l'extrémité antérieure de la verge d'un mouton, ou mieux d'un bélier (à cause du plus grand développement de l'organe chez ce dernier), après avoir, bien entendu, attiré en arrière ou enlevé complètement le prépuce on constate ce qui suit :

Par la face supérieure (dorsale si l'on veut), on voit que le pénis, à partir de l'endroit où le prépuce se réfléchit, présente une surface régulièrement cylindrique, lisse et d'aspect blanchâtre, dans une étendue de 20 à 25 millimètres; puis il se renfle légèrement (pl. XXVI, fig. 2) et sa surface devient rosée en même temps que sensiblement rugueuse. Cette portion renflée, assez bien limitée en arrière et sur les côtés par un relief peu

saillant affecte la forme d'une sorte de calotte elliptique, convexe aussi bien dans le sens transversal que dans le sens antéro-postérieur. Son plus grand diamètre situé dans l'axe de la verge a de 20 à 25 millimètres et elle se termine en avant par une extrémité libre, conique, plus ou moins proéminente et dont l'aspect diffère le plus souvent de celui du reste du renflement (fig. 1, a). Tandis que celui-ci est rosé et rugueux, elle est au contraire généralement lisse et blanchâtre. Souvent, il est vrai, au lieu d'être conique, cette extrémité libre est peu développée et possède la forme d'un coin due à la convergence de la face supérieure et des deux faces latérales très légèrement convexes (fig. 2, a). Il semble donc que l'extrémité antérieure de la verge est comme constituée, du côté de sa face dorsale et aussi de ses faces latérales par un renflement en tous points comparable à un gland, d'ailleurs peu développé.

Ajoutons enfin que la veine dorsale du pénis arrivée au niveau de ce renflement se divise en un bouquet de branches qui divergent, en rayonnant en tous sens et en s'étalant sur sa surface. Ce sont ces vaisseaux très nombreux qui, lorsqu'ils sont pleins de sang donnent la teinte rosée que avons signalée plus haut.

Passant ensuite à la face inférieure, ventrale, de la verge, on est frappé de ce fait, c'est que, au niveau correspondant à la partie moyenne du renflement phalliforme, quelquefois plus en avant, se dégage un filament, un appendice onduleux (fig 1 et 2, b) long de 40 à 45 millimètres, large de 2 à sa base d'implantation et de 1 à son extrémité, laquelle est mousse et très nettement percée d'un orifice. Cet appendice n'est autre chose que la partie antérieure de l'urètre, comme il est facile de le démontrer rapidement, en poussant une injection dans ce canal par un point plus rapproché de la vessie. Le liquide ressort en totalité par l'orifice de son extrémité. Au niveau de sa base, l'appendice urétral semble prendre naissance par deux racines (le terme de racine étant pris ici dans un sens purement descriptif) qui divergent à droite et à gauche. La racine du côté droit (fig. 1 et 2, c), semi-cylindrique, régulièrement convexe, n'est autre chose que le relief du canal de l'urètre qui, dévié légèrement à droite de l'axe de la verge reste un certain temps parallèle au bord inférieur droit du renflement dorsal et le quitte bientôt pour suivre la face inférieure du pénis. A l'en-

droit où l'appendice devient libre, il existe toujours un tubercule arrondi (*d*, fig. 1), situé entre sa base et la pointe du renflement. Parfois, ce tubercule très accusé, détermine sur la racine un sillon qui la partage en deux parties, une interne qui constitue réellement cette racine et une externe semi-cylindrique qui sépare celle-ci du renflement dorsal.

A gauche, la disposition varie suivant les cas, mais on trouve toujours que de ce côté, le renflement au lieu de rester appliqué exactement sur la face latérale du pénis, comme à droite s'en sépare en formant une sorte de repli assez épais (*f*, fig. 1); et alors, tantôt la racine gauche de l'appendice se continue immédiatement avec le bord libre de ce repli, tantôt elle en reste distincte et se trouve séparée du bord correspondant du renflement dorsal par un relief bosselé, plus ou moins saillant. Quoiqu'il en soit, par le fait de la présence de ces deux racines et de leur écartement résulte l'existence d'une dépression angulaire d'autant plus profonde que le repli formé à gauche par le renflement est plus accentué.

Enfin, dans tout le reste de son étendue, jusqu'au prépuce, la face inférieure de la verge est convexe dans le sens transversal et montre la légère saillie formée par l'urètre; elle est d'autre part lisse et blanche, interrompue seulement en arrière à quelques millimètres en avant de la ligne de réflexion du prépuce par une protubérance hémisphérique constante, du volume d'un pois (*h*, fig. 1).

Chez le bélier, l'appendice urétral est complètement libre dans la cavité du fourreau préputial, et il est facile de le découvrir en faisant glisser ce dernier en arrière; mais il n'en est pas de même chez le mouton, où nous l'avons presque toujours trouvé adhérent (adhérence purement épithéliale du reste) avec la face interne, muqueuse du prépuce. En outre, chez le mouton il est généralement assez pigmenté, tandis que chez le bélier il est blanc ou présente seulement quelques taches grisâtres. Enfin, il va sans dire que chez ce dernier, la verge dans toutes ses parties est plus volumineuse, presque du double, avec des détails plus nets, mieux accusés, plus favorables en un mot, à l'étude anatomique et histologique.

On voit par la description qui précède, que chez le bélier la disposition de l'urètre à sa partie antérieure diffère complète-



ment, au moins à première vue, de celle que l'on rencontre chez les autres mammifères. Et tout d'abord il est bien certain que l'appendice n'est autre chose que l'urètre : la simple dissection sans parler de l'examen de coupes, le démontre surabondamment. Aussi s'explique-t-on difficilement comment Cuvier (1) a-t-il pu écrire : « Le gland du bélier est un renflement ovale et ridé, fendu au bout horizontalement et ayant l'air d'une tête de serpent. L'urètre s'ouvre du côté gauche, où il y a, près de son orifice un long appendice grêle de substance tendineuse ». Il n'y a de vrai dans cette description passablement fantaisiste que l'épithète de gland appliquée au renflement. Encore n'est-il pas évident *à priori* que ce soit un gland, et Cuvier ne discute pas ce point. Jamais nous n'avons observé que l'urètre s'ouvrait à la base de l'appendice, et d'ailleurs les quelques auteurs contemporains (2) qui signalent cette conformation si exceptionnelle, à l'exception toutefois de Leyh qui reproduit en la résumant et en l'obscurcissant la description de Cuvier, reconnaissent sans s'exprimer du reste d'une façon bien nette que l'urètre se prolonge sous l'aspect d'un appendice vermiforme.

Ce premier point bien établi, il reste alors ce fait, qui est en somme un des côtés les plus intéressants de la question, c'est que le renflement du corps spongieux qui, chez tous les mammifères constitue le gland quel qu'en soit la forme, et qui comme tel coiffe plus ou moins d'extrémité correspondante des corps caverneux paraît faire défaut chez le bélier ou le mouton (3). On est tenté en d'autres termes, d'admettre que chez ces animaux, le corps spongieux ne s'est pas développé pour former ce que l'on appelle en anatomie descriptive un gland et qu'il est resté dans l'état où on le trouve au niveau de la région moyenne de la verge par exemple. La conclusion qui découlerait alors de cette appréciation serait que, le renflement en calotte de la face dorsale n'appartient pas à l'urètre, mais représente tout simplement l'extrémité libre des corps caverneux mise à nu par le fait de l'arrêt de développement qu'aurait subi le corps spongieux. Il est certain, qu'au point de vue physiologique l'idée de l'exis-

(1) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, t. VIII, p. 227, 1846.
(2) Chauveau et Arloing. *Traité d'anatomie comparée des animaux domestiques.*
(3) Colin. *Traité de physiologie comparée des animaux*. Paris, 1873. — Leyh. *Anatomie des animaux domestiques*. Paris. 1870.

tence d'un gland caverneux suppléant à l'absence d'un gland urétral n'a rien de choquant, malheureusement elle n'est pas conforme à ce que l'anatomie et l'embryologie nous enseignent. On admet actuellement que gland et corps caverneux sont deux formations indépendantes et qui n'ont entre elles que des rapports de contiguïté, le gland étant toujours une dépendance du corps spongieux. S'il en est ainsi, nous avons trois hypothèses à formuler à propos du bélier. Ou bien le gland urétral n'existe pas en tant que renflement, il ne s'est pas développé et à cet état d'atrophie se trouve représenté morphologiquement par *tout* l'appendice ; ou bien il existe tout comme chez les autres animaux, seulement il est reporté plus en arrière et c'est le renflement dorsal ; ou bien le gland urétral est atrophié et se trouve remplacé par un renflement caverneux développé indépendamment de l'urètre et qui joue le rôle physiologique du gland urétral. Laquelle de ces trois hypothèses est la vraie ? C'est l'étude anatomique et histologique qui doit nous éclairer sur ce point, et nous allons exposer maintenant des résultats auxquels nous sommes arrivés.

Structure.

Nous tenons auparavant à dire quelques mots des méthodes de recherches que nous avons employées, non pas que nous ayons fait usage de réactifs ou de procédés spéciaux, mais uniquement parce que nous nous sommes heurtés à certaines difficultés tenant précisément à la constitution de l'organe que nous étudions et aux conditions dans lesquelles nous nous étions placés. Ces difficultés, causes de nombreux insuccès pouvant se rencontrer à propos d'autres objets d'étude, nous avons cru bon de les signaler.

Les organes ou fragments d'organes étaient fixés et durcis suivant la manière habituelle par les réactifs connus, puis débités en coupes. Comme il était indispensable d'obtenir des séries, nous avons mis en usage immédiatement le montage à la paraffine suivi de coupes au moyen du microtome à bascule qui était tout indiqué. Malheureusement les divers traitements qu'il faut faire subir aux pièces les rendaient cassantes et d'une dureté extraordinaire. Ni le chloroforme, ni l'essence de cèdre, ni le toluène n'ont pu nous faire éviter cet écueil. La cause

en était bien certainement dans la structure essentiellement fibreuse et élastique de notre organe. Tout au plus pouvait-on couper, soit l'appendice à cause de son petit volume, soit des fragments très petits pris ailleurs, à l'exception toutefois du corps caverneux qui résistait complètement. Il va sans dire que les organes d'embryons se débitaient admirablement en coupes sériées. Nous n'avons pas tardé alors à laisser de côté la paraffine pour les coupes anatomiques du moins, et à nous adresser à l'enrobage au collodion qui nous a donné des résultats très suffisants pour des observations à de faibles grossissements. Enfin le procédé classique à la gomme et à l'alcool nous a été particulièrement utile pour étudier certains points spéciaux qui n'exigeaient pas une sériation de coupes.

Nous ne dirons rien des matières colorantes qui nous ont servi, nous bornant à signaler tout particulièrement l'hématoxyline de Delafield et les doubles colorations par action du carmin aluné d'abord puis du carmin d'indigo suivi de lavage dans une solution aqueuse faible d'acide formique.

Les renseignements que peut nous fournir la dissection quoique insuffisants sont cependant bons à noter. Ce moyen sert déjà à nous rendre compte de la situation du canal de l'urètre car il est facile d'inciser celui-ci sur toute sa longueur, y compris la partie qui correspond à l'appendice, et l'on constate alors que c'est la présence de ce canal dévié légèrement à droite de la ligne médiane qui détermine le relief cylindrique que nous avons pu décrire comme formant l'une des racines de l'appendice.

Si l'on examine attentivement la surface interne du canal après avoir au préalable par une distension modérée, effacé les plis longitudinaux qui la sillonnent, on s'aperçoit qu'au niveau de l'appendice il existe à droite et à gauche une strie blanchâtre qui se perd avant d'en atteindre l'extrémité et que l'on ne peut suivre non plus en arrière au delà de sa base. Ces deux stries sont particulièrement nettes chez le mouton à cause de la minceur des parois de l'urètre et, pour le dire dès maintenant, elles sont dues à l'existence de deux cordons aponévrotiques que nous retrouverons tout à l'heure lorsque nous étudierons la structure microscopique.

Si nous passons maintenant à la dissection du renflement

phalliforme, nous voyons que l'on peut avec l'aide du scalpel le séparer du corps caverneux, seulement l'adhérence entre ces deux organes est assez intime, surtout en avant. Il faut sculpter pour ainsi dire le corps caverneux qui s'effile en pointe et se prolonge jusque près de l'extrémité du renflement entouré sur toute sa périphérie par un tissu d'apparence spongieuse, mou, très résistant cependant et qui ne se laisse dissocier que très difficilement. Ce tissu, au-dessous du corps caverneux se continue avec celui qui entoure l'urètre, avec le corps spongieux en d'autres termes, assurant ainsi une union intime entre les deux organes; et il est à remarquer enfin qu'il ne s'arrête pas brusquement en arrière au niveau du relief qui limite le renflement et se prolonge au contraire en continuant à envelopper d'une mince couche le corps caverneux, jusqu'au point où le prépuce se réfléchit.

En somme la dissection pure et simple nous montre deux faits à retenir. Tout d'abord l'adhérence intime entre le corps caverneux et le tissu ambiant qui forme le renflement phalliforme et en second lieu la continuité entre celui-ci et le tissu périurétral. L'examen microscopique ne fera que confirmer ces résultats en leur donnant une précision que le scalpel est incapable de fournir.

Sur une coupe transversale passant au niveau de la partie moyenne de l'appendice (pl. XXVI, fig. 5) et examinée à un faible grossissement nous constatons les particularités suivantes. Indépendamment de l'épithélium cutané et de l'épithelium urétral il existe entre ces deux couches, trois zones assez nettement délimitées. L'une interne (fig. 5, *i*) représente le chorion urètral, l'autre périphérique (*e*, fig. 5) est formée par le derme cutané et la troisième (*m*) est constituée par des vaisseaux et des nerfs plongés dans une couche de tissu plus lâche, qui paraît par conséquent moins coloré que les deux autres. Mais ce qui saute surtout aux yeux sur une coupe de ce genre c'est l'existence de chaque côté de l'urètre, plus près de la face dorsale que de la face ventrale de l'appendice et dans la zone dermique, d'une image de forme arrondie ou elliptique (fig. 5 et 6, *b*) paraissant due à l'existence d'un tissu conjonctif dont on n'apercevrait nettement à ce faible grossissement que les noyaux très

abondants. Ces images représentent la coupe transversale des deux cordons que nous avons pu déjà constater à l'œil nu. Du côté dorsal ces deux cordons sont reliés entre eux par une bandelette (pl. XXVI, fig. 5 et 6) qui passe de l'un à l'autre en s'insinuant entre la zone vasculaire et l'épithélium formant ainsi en quelque sorte la couche profonde du derme. Cette bandelette est particulièrement nette sur des coupes traitées par une solution soit de potasse (à 40 0/0) soit d'acide nitrique.

L'usage d'un grossissement plus fort est nécessaire pour nous éclairer sur les détails de structure de ces différentes parties et avant tout sur celle du cordon latéral. On voit alors (pl. XXVII, fig. 2) qu'il est essentiellement formé par des faisceaux conjonctifs qui s'entre-croisent en tous sens sous différents angles et qui sont serrés les uns contre les autres sans interruption d'aucun tissu étranger. Sur ces faisceaux sont appliqués des éléments cellulaires aplatis plus ou moins volumineux dont on n'aperçoit pas toujours le protoplasma. Ils sont agencés souvent les uns à la suite des autres en formant des séries, comme cela s'observe dans les tendons et présentent de plus des crêtes d'empreinte très nettes. Comme ces éléments suivent exactement le trajet des faisceaux qui les supportent il s'ensuit qu'il est très facile de se rendre compte de l'orientation de ces derniers et alors on peut remarquer en examinant les plans successifs de la coupe qu'ils se croisent presque à angle droit. On a alors sous les yeux un aspect assez analogue à celui que fournissent certaines lames aponévrotiques. Chose curieuse on ne trouve jamais (c'est du moins ce que nous avons noté) de faisceaux exactement coupés en travers, pas plus au centre de la surface de section que sur ses bords. Il faut en conclure que leur direction n'est pas rectiligne et la seule hypothèse que l'on puisse formuler pour expliquer ce fait c'est qu'ils décrivent des ondulations dans des plans différents ou mieux des tours de spire ou d'hélice très rapprochés les uns des autres et enchevêtrés d'ailleurs avec des tours de spires formés par des faisceaux voisins.

Quoiqu'il en soit la presque totalité du cordon est formée par des fibres conjonctives et il ne paraît pas qu'il y ait des fibres élastiques, au moins dans son centre, car à la périphérie sur une certaine largeur on en trouve quelques-unes mais qui proviennent du tissu ambiant; elles ont alors une direction trans-

versale et sont vues suivant leur longueur. Il y en a cependant d'autres qui sont coupées en travers notamment à l'extrémité supéro-interne du cordon (en *e*, fig. 1, pl. XXVII) où elles forment un amas assez considérable de petits points colorés par les réactifs convenables. Il résulte de cette description que le cordon en question ne doit pas être assimilé à un tendon. Sa texture le rapproche plutôt d'un ligament ou d'une bandelette aponévrotique toute particulière.

La bandelette tendue entre les deux cordons apparaît très nettement (fig. 1, pl. XXVII) comme formée de fibres élastiques se dirigeant transversalement et qui s'entre-croisent sous des angles aigus. Les mailles qui résultent de cet entre-croisement renferment des faisceaux conjonctifs coupés en travers, dont la direction est longitudinale par conséquent. De plus tout contre l'épithélium et séparée de lui seulement par une mince couche de tissu cellulaire on remarque (même à un faible grossissement) une rangée de champs (en *b*) de formes et de dimensions très variables que l'on voit comme une traînée continue allant d'un cordon à l'autre. Ces images ne sont autre chose que la coupe de faisceaux conjonctifs parallèles à l'axe de l'appendice urétral. Ils n'existent pas sur toute sa longueur et possèdent les mêmes limites que les cordons entre lesquels ils sont situés. Pour résumer, nous dirons donc que du côté dorsal de l'appendice on trouve les couches suivantes : l'épithélium, une zone très mince de tissu cellulaire se prolongeant dans les papilles, une lame bien délimitée de tissu conjonctif dont les faisceaux ont une direction longitudinale ; au-dessous de celle-ci, d'autres faisceaux conjonctifs également parallèles à l'axe de l'appendice et parallèles entre eux, mais qui sont écartés les uns des autres et logés dans les mailles d'un réseau élastique très développé dont les fibrilles sont transversales. Enfin, la zone vasculaire plus ou moins développée et la muqueuse urétrale avec son épithélium.

Il est intéressant maintenant de rechercher quels sont sur les côtés, les rapports de ces différentes couches avec les cordons aponévrotiques. En faisant usage des réactifs qui mettent bien en évidence les fibres élastiques, on peut constater que celles-ci qui, juste au-dessus de l'urètre figurent une lame mince et assez condensée, arrivées sur les parties latérales, s'écartent pour for-

mer comme un triangle (fig. 1, pl. XXVII) dont la base s'appuie sur les cordons. La majeure partie des fibrilles se termine là brusquement, mais cependant on en peut suivre quelques-unes qui s'avancent assez loin dans l'intervalle des faisceaux conjonctifs. C'est à cet endroit que l'on aperçoit le pointillé déjà mentionné plus haut et que l'on peut attribuer soit à la coupe des fibrilles élastiques indépendantes, soit à la coupe des fibrilles transversales qui auraient brusquement changé de direction pour devenir longitudinales. Les fibres élastiques les plus internes seules continuent leur trajet, passent en dedans du cordon aponévrotique et arrivent sur la face ventrale de l'appendice où elles cessent de former une zone bien distincte.

Toute la partie de l'appendice que nous venons d'étudier est certainement la plus compliquée : toutes les autres, excepté la zone vasculaire, sont formées par du tissu conjonctif sous forme de faisceaux sectionnés en travers sur les coupes que nous considérons, et logés dans des mailles de tissu élastique. La figure 3 de la planche XXVII montre l'aspect obtenu sur une coupe d'organe fixé par l'acide osmique, colorée ensuite par le carmin d'indigo, lavée dans l'acide formique et montée dans le baume. Les faisceaux conjonctifs sont grisâtres, leurs noyaux bleus et les fibrilles élastiques bleu vif. D'autre part, des préparations après traitement par l'acide picrique et coloration au picro-carminate, montrent les mêmes images; les fibrilles élastiques se montrent alors franchement jaunes; après l'action de la potasse, la coloration au picro-carminate et à l'éosine fournit des préparations encore plus démonstratives. Ce réticulum élastique existe partout, dans le chorion urétral comme dans les couches les plus profondes du derme; seulement dans celles-ci le tissu élastique est beaucoup plus abondant, les mailles qu'elles forment plus petites et les faisceaux conjonctifs par conséquent moins épais. Les fibrilles élastiques s'insinuent jusque dans les crêtes urétrales, mais elles y sont très fines et peu abondantes relativement aux autres endroits.

Quant à la zone intermédiaire elle est formée, comme nous l'avons déjà indiqué, par des vaisseaux (artères et veines) nombreux, mais généralement de petit calibre, et par des nerfs. Ceux-ci sont très abondants, et, sur une seule coupe, on peut très facilement compter de vingt à vingt-cinq faisceaux nerveux.

Le tout est plongé dans du tissu cellulaire lâche, riche en noyaux, surtout au voisinage des vaisseaux et des nerfs.

Tels sont les détails que l'on observe sur des coupes transversales de l'appendice urétral pratiquées dans sa région moyenne. On les retrouve sur presque toute sa longueur, sauf à son extrémité antérieure, et les différences tiennent en majeure partie à ce fait que les cordons latéraux cessent d'exister à cet endroit. A partir de l'union du tiers moyen avec le tiers antérieur, leur diamètre diminue progressivement, et généralement au niveau du quart antérieur on n'en trouve plus de trace, les faisceaux conjonctifs qui les constituaient se perdant peu à peu. Il ne reste plus alors dans des coupes portant sur le quart antérieur que les trois zones précédemment indiquées, choriale, dermique et vasculaire possédant d'ailleurs la même texture, c'est-à-dire des fibres élastiques en réseau et du tissu conjonctif dans les mailles. Parfois les premières sont encore disposées sous forme de bande fig. 4, pl. XXVI) intermédiaire à la zone vasculaire et au derme, mais cet aspect disparaît tout à fait en avant. En tout cas, plus on se rapproche de l'extrémité, plus le système de mailles tend à devenir moins net; la zone vasculaire, au contraire, apparaît plus large, moins bien délimitée, les vaisseaux plus dilatés. Les papilles vasculaires du derme prennent une importance très considérable. Tout à fait à l'extrémité (pl. XXVI, fig. 3), la zone en question a envahi toute l'épaisseur de l'appendice; on trouve des vaisseaux partout, et leur substratum se réduit à du tissu conjonctif lâche avec des noyaux assez abondants par place, quelques fibres élastiques en quantité variable suivant les endroits, mais qui n'affectent pas de dispositions bien spéciales, et enfin des faisceaux nerveux disséminés. En définitive, les vaisseaux seuls ont un intérêt particulier. On trouve d'abord des artérioles rares et peu développées, et en outre des vaisseaux très larges, disséminés aussi bien au centre qu'à la périphérie de la coupe, et qui se présentent sous deux aspects. Les uns ne possèdent comme paroi propre que le revêtement endothélial dont on aperçoit clairement les noyaux; les autres, indépendamment de cette lamelle, ont une mince tunique qui nous a paru essentiellement formée de tissu conjonctif avec quelques fibres élastiques. Nous ne saurions dire s'il y a aussi des fibres lisses; toutefois, nous ne le croyons pas. Y a-t-il là deux ordres de vaisseaux distincts, des

veines et des capillaires? Certainement les vaisseaux à paroi conjonctive n'occupent pas en général la même situation que les autres; on les rencontre d'habitude au centre, ceux-ci à la périphérie. Si ce sont des veines, ce sont des veines très simples, dépourvues de tunique adventice, ou mieux, réduites à elle, en ce sens que leur paroi ne semble pas bien distincte du tissu ambiant dont elle paraît n'être qu'une condensation. On dirait plutôt des sinus creusés dans le tissu qui les environne, et nous avons sur eux la même opinion que sur les vaisseaux du renflement phalliforme que l'on verra plus loin. Il va sans dire que les vaisseaux avec simple paroi endothéliale sont de véritables capillaires, volumineux, dilatés, ceux que l'on rencontre dans tous les organes réellement érectiles.

Un dernier point nous reste à considérer à propos de l'appendice urétral, c'est la façon dont se termine en arrière les deux cordons conjonctifs. Si l'on fait des coupes en série, on peut les suivre facilement sur une certaine longueur au delà de la base de l'appendice, surtout celui du côté droit. Sa présence détermine la formation d'un petit repli qui isole la racine droite de la face inférieure de la verge; il disparaît à hauteur de la partie moyenne du renflement environ, en se fondant dans le corps spongieux de l'urètre. Le cordon du côté gauche se perd un peu plus tôt dans le tissu qui forme le renflement, mais en tout cas il ne forme pas comme on aurait pu s'y attendre la racine gauche de l'appendice; celle-ci est un repli en continuité de tissu avec celui du renflement.

Il résulte de ces données que l'appendice est un organe remarquablement élastique, et très vasculaire surtout dans sa partie antérieure, que les deux cordons aponévrotiques lui appartiennent en propre et lui constituent un véritable système de soutènement, de renforcement, qu'en un mot sous l'influence de l'afflux sanguin qui se produit lors de l'érection il doit être susceptible d'augmenter de volume et d'acquérir une certaine rigidité. De fait, une injection de liquide dans le corps spongieux de l'urètre amène ce résultat d'une façon très sensible, qui doit être encore beaucoup plus accusée dans les conditions normales, physiologiques. Ajoutons encore que si réellement la forme spirale des faisceaux des cordons aponévrotiques existe,

elle doit être en rapport avec les allongements et les retraits alternatifs que subit tout l'organe pendant la vie.

La seconde partie de notre étude comporte maintenant la structure du renflement dorsal.

Une coupe pratiquée au niveau de sa partie moyenne (pl. XXVI, fig. 7) et examinée à un très faible grossissement montre ce qui suit.

On aperçoit d'abord le canal de l'urètre entouré du corps spongieux formé de vaisseaux, relativement peu volumineux, de tissu conjonctif et élastique comme nous l'avons décrit et on voit que le corps spongieux est relié au renflement par une portion rétrécie au niveau de laquelle son tissu semble se continuer avec celui du renflement. Au centre de ce dernier apparaît la coupe des corps caverneux, ou plutôt du corps caverneux car il n'existe rien, ni cloison ni autre disposition, qui puisse faire croire à deux moitiés latérales et symétriques. A ce faible grossissement se montre sur toute la périphérie du renflement une couronne de vaisseaux volumineux coupés en travers ou obliquement, et qui sont certainement ceux que l'on aperçoit à l'œil nu sur la surface du renflement et qui lui donnent sa teinte rosée. Nous reviendrons dans un instant sur la nature de ces vaisseaux, et nous nous occuperons pour le moment de la structure de la zone intermédiaire au corps caverneux et à l'épithélium périphérique.

Sur des préparations obtenues après durcissement dans l'acide picrique, le liquide de Kleinenberg ou un autre réactif quelconque, il n'est pas facile de se rendre un compte exact de cette structure. On voit bien des faisceaux élastiques abondants surtout autour du corps caverneux où ils s'enchevêtrent les uns avec les autres, mais on ne peut apprécier clairement leur répartition. Tandis qu'en traitant des coupes par la potasse et en les colorant ensuite par le picro-carminate d'ammoniaque, l'éosine ou simplement l'acide picrique on obtient des images très démonstratives. On remarque alors que tout autour du corps caverneux existe un anneau de fibres élastiques entre-croisées, formant une couche assez épaisse et dans laquelle on trouve en outre des noyaux conjonctifs et des vaisseaux parfois volumineux. Par sa circonférence interne cet anneau confine au corps caverneux mais en reste distinct en ce sens que les fibres élastiques n'y pénètrent que très peu, assez cependant pour amener

une union intime entre les deux organes. Par contre l'examen de la circonférence externe de l'anneau montre que les fibres qui entrent dans sa constitution et qui décrivent des courbes transversales se redressent en décrivant des arcades à concavités dirigées vers le dehors, et forment ainsi en se groupant par places des faisceaux perpendiculaires à l'anneau, qui rayonnent regulièrement du centre à la périphérie où ils affectent alors des rapports particulièrement intéressants avec les gros vaisseaux. On les voit en effet (pl. XXVII, fig. 4) aborder un de ces vaisseaux soit par le côté, soit de front, se recourber alors ou se diviser pour l'enlacer sur chacune de ses faces et lui fournir en somme un anneau, une véritable tunique d'épaisseur très notable. — Dans les intervalles des faisceaux radiés est logé du tissu conjonctif ordinaire avec quelques rares fibrilles élastiques, beaucoup d'éléments cellulaires de formes diverses, quelques vaisseaux et des nerfs en grand nombre. Toute la couche comprise entre les gros vaisseaux périphériques et l'épithélium est occupée par du tissu conjonctif renfermant de nombreux vaisseaux, surtout des capillaires, parfois très gros, et qui constitue des papilles très volumineuses et de contours très variés. Enfin et notamment chez le mouton il existe en dehors des corps caverneux une abondante proportion de vésicules adipeuses irrégulièrement réparties.

La question qui se pose à présent est celle de savoir quelle est la nature des vaisseaux de la périphérie. Des coupes d'ensemble (telles que les montrent les fig. 7 de la pl. XXVI et 4 de la pl. XXVII) ne nous donnent pas de renseignements positifs. On aperçoit bien tout autour de la lumière du vaisseau quelques noyaux, les uns arrondis, les autres allongés, mais rien de plus. Il était indispensable d'obtenir des coupes minces de petits fragments bien fixés soit par l'acide osmique soit par le liquide de Flemming; et sur des préparations ainsi faites nous avons pu observer qu'indépendamment des fibres élastiques il y a autour des vaisseaux des fibres musculaires lisses vues tantôt en coupes transversales (fig. 5, pl. XXVII) tantôt en coupes longitudinales (fig. 6). Elles forment parfois une couche assez régulière et continue (fig. 6), d'autres fois au contraire elles sont irrégulièrement disséminées par petits groupes (fig. 5). Dans quelques cas enfin on n'en voit que quelques-unes sur une seule face du vaisseau,

ou même point du tout. Ces fibres arrivent tout contre l'endothélium ou bien en restent séparées par un léger intervalle comblé alors par du tissu conjonctif, dont les noyaux sont très apparents ; mais dans tous les cas la tunique qu'elles forment n'est jamais régulièrement limitée à l'extérieur et on observe le plus souvent des fibres lisses isolées ou par petits groupes, perdues dans le tissu conjonctif ambiant, en quelque sorte erratiques, et situées à une distance plus ou moins considérable de la couche périvasculaire. Elles se rattachent bien certainement à cette dernière puisque l'on n'en trouve absolument que là, dans le voisinage des vaisseaux.

Étant donnée pareille structure, quelle est la nature de ces vaisseaux? Sont-ce des veines? sont-ce des capillaires? A coup sûr certains d'entre eux sont de véritables capillaires dilatés comme ceux que l'on rencontre dans tous les organes érectiles. Ce sont des canaux réduits à une simple paroi endothéliale et plongés dans le tissu conjonctif ambiant qui n'a subi à leur contact aucune modification ni dans sa texture ni dans ses éléments A coup sûr aussi, si l'on ne considère que certains endroits, certaines faces de quelques autres de ces vaisseaux on voit qu'en dehors de la lamelle épithéliale il n'existe rien que le tissu environnant sans changement, sans élément étranger. Autrement dit, quelques-uns de ces vaisseaux considérés soit dans leur ensemble, soit sur un point seulement de leur périphérie, sont des capillaires, c'est-à-dire n'ont pas de paroi surajoutée au revêtement épithélial. D'autres, et à la vérité en plus grand nombre ont une enveloppe continue de fibres élastiques et de fibres lisses mélangées. En faudrait-il conclure qu'il y a plusieurs sortes de vaisseaux, de véritables capillaires et des veines. Nous ne le croyons pas et nous pensons que tous sont des capillaires. Les fibres élastiques, les fibres cellules, font partie du tissu ambiant, dont les unes émanent et dans lequel les autres se perdent insensiblement. Jamais le vaisseau avec sa paroi n'est isolé par une tunique adventice, aussi pour mieux exprimer notre pensée nous dirions que nous avons affaire ici à des lacunes, à des sinus creusés dans le tissu conjonctif, comme le sont les lacunes du corps spongieux ou du corps caverneux, comme le sont aussi les capillaires dilatés de la crête du coq. Fibres élastiques et cellules musculaires doivent être rapportées aux parois

de ces sinus. D'ailleurs l'étude du développement, quelqu'incomplètement que nous ayons pu la faire vient à l'appui de cette manière de voir.

Chez des embryons de mouton de 15, 25, 32 et 40 centimètres (ce dernier étant par conséquent presque à terme) et alors que les artères et les veines sont bien reconnaissables comme telles partout ailleurs, on constate (pl. XXVII, fig. 7) que les vaisseaux qui nous occupent ne présentent pas de paroi propre autre qu'une couche d'endothélium. Ils sont plongés dans du tissu conjonctif embryonnaire riche en cellules de toutes formes, arrondis, fusiformes, etc., et dont le corps cellulaire est presque toujours très net. La substance intercellulaire est chez les embryons âgés, vaguement fibrillaire. Les cellules qui sont dans le voisinage du vaisseau ont exactement les mêmes aspects et les mêmes réactions que les autres; les fibres élastiques ne sont pas encore développées et nous n'oserions pas affirmer qu'il y eût déjà des fibres lisses. On voit, il est vrai, quelques cellules dans le voisinage du vaisseau, qui ont un noyau plus allongé que les autres, qui se colore plus vivement, mais leur protoplasma ne présente pas de caractère spécial et notamment la coloration gris verdâtre que prennent les fibres lisses chez l'animal adulte sous l'influence de l'acide osmique. De telle sorte, qu'en définitive, et sans parler du développement tardif des fibres élastiques et des fibres lisses, nous nous croyons en droit de conclure que les vaisseaux qui forment une couronne à la périphérie du renflement phalliforme, se développent comme des capillaires, exactement de la même façon que ceux des corps spongieux et caverneux. Sous ce rapport ils ne font donc pas exception à ce fait bien établi aujourd'hui que les vaisseaux propres des organes véritablement érectiles sont des capillaires dilatés.

Un point de vue qui nous reste encore à examiner brièvement, c'est celui des nerfs et de leur terminaison dans l'appendice urétral et dans le renflement. Pour ce qui regarde l'appendice, nous avons déjà dit que l'on y trouvait sur une coupe une quantité véritablement remarquable de faisceaux nerveux. Nous avions cru pouvoir en conclure *à priori* à une grande richesse dans les terminaisons sensitives. Mais notre espoir a été déçu. Nulle part, ni au moyen de l'acide osmique, ni au moyen du chlorure d'or, nous

n'avons rencontré de terminaisons dermiques, ni corpuscules de Meissner, ni autres d'aucune sorte. A la vérité, en certains endroits, à la base des papilles, on voit une petite masse plus ou moins régulièrement sphérique formée par deux ou trois petits noyaux qui semblent plongés dans une substance finement granuleuse, légèrement teintée en gris par l'acide osmique. Sont-ce là des corpuscules de Krause extrêmement petits? Les images ne sont pas assez démonstratives pour que nous osions en conclure quoi que ce soit. Nous avons alors recherché des terminaisons intra-épidermiques. La méthode de l'or (soit par le jus de citron, soit par l'acide formique chlorure d'or bouillis) nous a fourni de très belles préparations que nous avons pu utiliser pour la recherche des terminaisons sensitives en d'autres points, mais pour ce qui regarde spécialement l'appendice, nous nous sommes heurtés à une difficulté qui a arrêté immédiatement nos investigations. C'est que, comme nous l'avons signalé à propos de la description anatomique, l'appendice urétral est pigmenté, assez fortement chez le mouton, peu, ou même à l'œil nu, pas du tout chez le bélier. De sorte, que des coupes montrent dans la couche profonde de l'épiderme des traînées moniliformes de granulations pigmentaires qui, lorsqu'elles sont réduites à leur plus simple expression pourraient en imposer pour des fibrilles serpentant etre les cellules. Même en choisissant des organes qui paraissent uniformément blanchâtres, on peut donc craindre qu'il n'y ait cependant assez de pigment pour induire en erreur. Deux fois, sur des préparations dorées bien réussies, nous avons cru distinguer la continuité d'une de ces traînées moniliformes avec une fibrille qui émergeait de la couche la plus superficielle du derme et qui paraissait de nature nerveuse. Il y là un problème de technique à résoudre : éloigner les granulations pigmentaires. Nous n'avons pas eu le loisir d'essayer les procédés connus, mais quoi qu'il en soit, à défaut des terminaisons dermiques qui, en admettant même qu'elles existent, doivent être extrêmement rares, les nerfs se terminent évidemment quelque part et c'est vraisemblablement soit dans l'épiderme, soit directement au-dessous de lui.

Hâtons-nous de dire que nous avons été plus heureux avec le renflement phalliforme. L'acide osmique, aussi bien que le

chlorure d'or, nous ont permis d'y décéler la présence de corpuscules terminaux.

Ils semblent répartis assez irrégulièrement partout, cependant, en général, ils ne sont pas très éloignés de la zone des gros vaisseaux, et en général aussi on en trouve en plus grand nombre sur les parties latérales de la face inférieure. Dans leur état le plus simple (pl. XXVII, fig. 8) ils sont formés d'une petite masse granuleuse colorée en gris par l'acide osmique et renfermant de deux à quatre ou cinq noyaux; la surface de ces corpuscules paraît striée et ils sont logés dans une capsule pourvue intérieurement d'un revêtement endothélial. On les trouve isolés ou le plus souvent par groupes de deux à cinq. Nous n'avons pu voir nettement le rapport qu'affectent les nerfs avec ces corpuscules. En tous cas, il s'agit bien là de corpuscules de Krause, décrits partout dans la conjonctive et dans les organes génitaux mâles ou femelles. On en rencontre d'autres composés des mêmes éléments, mais allongés en forme de poire, et dans cette variété il y a deux groupes, les uns paraissant se rattacher aux corpuscules de Krause (ce seraient les précédents très développés) les autres à ces corpuscules décrits par Key et Retzius, dans les organes génitaux. Enfin, on observe çà et là des corpuscules de Meissner types. La figure 9 de la planche XXVII, en représente un d'après une préparation au chlorure d'or.

Nous arrêterons là cette description, ayant tenu simplement à constater l'existence de terminaisons sensitives, sans vouloir en faire une étude qui, à elle seule, entraînerait à des recherches, bibliographiques et autres, extrêmement longues, d'ailleurs sans aucune importance pour le sujet qui nous occupe actuellement.

Après avoir exposé les résultats auxquels mène l'étude anatomique de l'appendice et du renflement chez l'animal adulte, nous ne saurions mieux faire, pour terminer, que d'indiquer le développement de ces organes.

Sur des embryons très jeunes, au-dessous de 8 à 10 centimètres (du sacrum au vertex) et tant que l'organe copulateur n'est pas devenu, par son aspect aussi bien que par sa position dans la paroi abdominale, franchement mâle, il ne semble pas qu'il existe une modification quelconque qui puisse indiquer l'apparition de l'appendice. Sur des embryons de 10 (deux mois

et demi environ), 12, 20, 30, 40 centimètres, l'étude de coupes soigneusement sériées d'avant en arrière à partir de l'extrémité de la verge, montre alors les particularités suivantes. Tout d'abord au centre de la masse conjonctive embryonnaire formée par la coupe de la peau, on aperçoit une agglomération de forme circulaire constituée par une couche épaisse de cellules épithéliales stratifiées qui circonscrivent la lumière d'un canal. Ce que nous voyons ainsi coupé en travers, c'est le fourreau préputial très long qui se prolonge bien au delà de l'extrémité de la verge.

Sur les coupes suivantes apparaît ensuite un croissant de tissu embryonnaire dont la concavité regarde la lumière du canal.

Les extrémités de ce croissant deviennent de plus en plus longues, tendent à se rejoindre et finalement on voit sur les coupes un anneau de tissu embryonnaire circonscrivant un canal tapissé d'un épithélium stratifié et recouvert lui-même par une lame épithéliale unique limitée en dehors et en dedans par une assise de cellules cylindriques (pl. XXVII, fig. 11). Cette lame périphérique se dédoublera plus tard en deux couches qui formeront, l'interne l'épithélium qui tapisse la surface extérieure de l'appendice, l'externe celui qui recouvre la surface interne du prépuce.

Le même aspect persiste sur une longue série de coupes (embryon de 12 centimètres) et l'on pourrait croire que le corps spongieux de l'urètre ainsi formé ne se modifie pas sur le reste de sa longueur, mais en continuant les sections on aperçoit en arrière (ou plutôt au-dessus) du corps spongieux une masse de forme elliptique ou irrégulièrement arrondie (pl. XXVII, fig. 12) entourée elle aussi d'une lame épithéliale composée de deux couches soudées par leur surface et reliée à l'épithélium periurétral par un sorte de pédicule étranglé, épithélial aussi. Cette masse se rapproche peu à peu du corps spongieux, le pédicule diminue d'épaisseur, finit par disparaître et en définitive corps spongieux et masse voisine se trouvent confondus par une partie d'abord étroite, puis de plus en plus large, de leur circonférence. En somme, dès cette époque sont réalisées les dispositions que l'on trouve chez l'adulte. Il suffit de comparer à cet égard les figures 12 et 13 de la planche XXVII avec les figures 6 et 7 de la pl. XXVI.

L'appendice est anatomiquement complètement développé,

ainsi que le renflement, il ne manque plus que le corps caverneux dont nous allons voir l'apparition dans un instant.

Au point de vue de leur structure nous pouvons dire qu'elle est identiquement la même. Tous deux, appendice et renflement, sont formés de tissu conjonctif embryonnaire, avec éléments cellulaires d'aspects divers et dont on n'aperçoit en général bien nettement que les noyaux, plongés dans une substance amorphe. Il s'y trouve en outre des capillaires répartis comme ils le seront plus tard, tout autour de l'urètre d'une part, en couronne à la périphérie du renflement d'autre part.

Pour ne plus revenir sur cette question de structure nous ajouterons simplement qu'elle reste sensiblement la même pendant toute la période embryonnaire et fœtale. La figure 10 de la pl. XXVII représente la coupe de l'appendice chez un embryon de 32 centimètres, chez celui de 40 cent. l'aspect est le même. On a toujours affaire à du tissu conjonctif embryonnaire, seulement avec cette nuance que les cellules se sont plus complètement différentiées. Elles sont orientées de diverses façons, plus nombreuses dans le derme que dans le chorion de l'urètre. La figure 7 de la planche XXVII montre d'autre part une coupe au niveau de la zone périphérique du renflement. La substance intercellulaire se montre fibrillaire mais on ne distingue ni fibres élastiques, ni faisceaux conjonctifs pas plus que de fibres musculaires lisses. Tous ces éléments se développent par conséquent très tard, peut-être après la naissance et nous n'avons pas en tous cas fait de recherches sur ce point.

Revenons au développement anatomique. Peu de temps après que l'on voit sur les séries la surface de section du renflement et avant même que la continuité ne se soit établie entre celui-ci et le corps spongieux, on remarque (embryon de 12 centimètres) au centre de la coupe de renflement que les cellules assez écartées ailleurs les unes des autres, sont plus abondantes, se sont tassées en quelque sorte pour former un amas régulièrement arrondi. Cet amas se retrouve plus large sur les préparations suivantes; d'abord très étroites, ses dimensions en tous sens augmentent rapidement et il tend de plus en plus à envahir toute l'épaisseur du renflement si bien que sur des coupes pratiquées très en arrière il n'existe plus tout autour de sa circonférence qu'une zone très mince de tissu, identique à celui du corps spongieux, et qui renferme les

gros capillaires. Plus en arrière encore on ne voit plus que lui, l'épithélium périphérique a disparu, les gros capillaires aussi, et à sa partie inférieure le corps spongieux embryonnaire bien isolé et présentant des caractères bien tranchés peut être facilement délimité. La coupe porte alors au niveau de la verge proprement dite. Cet amas représente le corps caverneux. Sur des embryons plus âgés de 20, 25, 30, 40 centimètres on assiste à toutes les transformations qui donneront finalement des espaces limités par des faisceaux conjonctifs très denses et renfermant des capillaires volumineux, dilatés, unis par de fines anastomoses et enfouis directement dans du tissu connectif beaucoup plus lâche qui les séparent des travées fibreuses de la charpente (1). Mais c'est là toute une question d'histogénèse qui trouvera sa place dans un prochain mémoire. Ne retenons de la description qui précède que ce fait; le développement sur place du corps caverneux, au centre du renflement et aux dépens des mêmes éléments qui évoluent d'une manière toute particulière pour le former.

Arrivé au terme de notre étude il nous faut poser des conclusions et voir quelle est, parmi les trois hypothèses que nous avons formulées au début, celle qui répond le mieux à la réalité des faits. Nous pouvons maintenant affirmer, en nous basant sur le développement et sur l'examen microscopique des sujets adultes, que le gland existe aussi bien au point de vue morphologique, c'est-à-dire comme renflement du corps spongieux de l'urètre, qu'au point de vue physiologique, c'est-à-dire comme organe essentiellement doué de sensibilité. La nature et l'abondance des terminaisons nerveuses que l'on y rencontre le prouvent surabondamment. Seulement au lieu que *toute* l'extrémité antérieure du corps spongieux se soit également développée, comme chez les autres mammifères, chez le bélier et le mouton une partie seulement a pris une grande extension, c'est celle qui forme le renflement, le reste est resté dans l'état primitif, c'est l'appendice. Quelle peut bien être la signification de ce dernier organe ? On a admis, assez hypothétiquement d'ailleurs, qu'il existe dans chaque espèce animale un rapport entre la configuration de l'extrémité libre de la verge, la seule qui ait un

(1) Voir Comptes-Rendus Soc. Biol., 1887, avril. (*Note sur les Capillaires des organes érectiles.*

rôle dans la copulation, et celle du col de la matrice. De fait, et pour ne parler que de notre cas particulier, ce rapport semble exister et l'on retrouve assez facilement des dispositions anatomiques qui ne sont pour ainsi dire que l'état rudimentaire de celles que l'on observe chez le bélier. Citons seulement le cheval et le bœuf chez lesquels l'urètre présente à sa terminaison un petit prolongement conique, saillant. Sans compter les animaux qui ont un gland effilé dans sa totalité et plus ou moins pointu. Chez le bélier la différenciation du gland en deux parties est poussée au maximum et il y a là un véritable phénomène d'adaptation, une partie de l'organe conservant ses fonctions d'organe sensible, l'autre se pliant aux exigences de la fonction en gardant des dimensions qui lui permettent de s'insinuer dans l'utérus de la femelle pour y déposer plus sûrement le liquide fécondant. Tout un appareil de renforcement concourt à ce but; ce sont d'abord les cordons aponévrotiques, décrits plus haut, c'est en outre le système de mailles élastiques et de lames conjonctives, toutes dispositions qui assurent à l'appendice une rigidité qui lui était indispensable pour accomplir sa mission. Au point de vue de la constitution générale des organes érectiles nous devons rappeler, sans y insister autrement du reste, l'appareil de renforcement analogue qui existe dans le renflement sous forme de faisceaux élastiques radiés, et les rapports si particuliers que ceux-ci affectent avec les capillaires dilatés de la périphérie, rapports éminemment propres à favoriser la béance de ces vaisseaux et par conséquent leur réplétion lors de l'afflux sanguin qui survient pendant l'érection.

Enfin nous ne pouvons non plus ne pas attirer l'attention sur le développement du corps caverneux. Si ce que nous avons vu se vérifie, sur d'autres animaux, il faut abandonner cette idée que la formation du corps caverneux est indépendante de celle du corps spongieux en général et du gland en particulier. Le développement sur place du corps caverneux au centre du gland, aux dépens des mêmes éléments et en même temps que lui est évidente chez le bélier. En est-il de même chez d'autres espèces? Nous l'ignorons absolument, mais c'est un point d'organogénèse intéressant et nous nous proposons de continuer et de compléter ultérieurement les quelques recherches que nous avons déjà entreprises à cet égard.

EXPLICATION DES PLANCHES (1)

PLANCHE XXVI.

FIG. 1. — Extrémité antérieure de la verge d'un bélier, vue par sa face inférieure (dessin un peu plus grand que nature).

a. — Sommet conique du gland.

b. — Appendice avec ses deux racines.

c. — Relief formé par le canal de l'urètre.

f. — Repli formé à gauche par le gland séparé du corps caverneux.

d. et *h.* — Reliefs formés par du tissu spongieux.

FIG. 2. — Autre verge vue par sa face latérale droite.

a. — Le gland incurvé.

c. — Racine droite de l'appendice.

FIG. 3. — Coupe transversale de l'appendice (bélier) tout à fait à son extrémité. Acide osmique. Hematoxyl. de Delafied. Oc. 1., obj. 2. Vérick.

FIG. 4. — Coupe transversale (même objet) portant sur le quart antérieur de l'appendice. Mêmes réactifs. Oc. 1, obj. 2. Vérick.

FIG. 5. — Coupe transversale (même objet) portant sur la partie moyenne de l'appendice. Mêmes réactifs. Oc. 2, obj. 0.

u. — Canal de l'urètre.

i. — Zone interne, choriale.

e. — Zone externe, dermique.

m. — Zone moyenne, vasculo-nerveuse.

b. — Cordons aponévrotiques.

p. — Lame transversale qui les unit du côté dorsal.

FIG. 6. — Coupe transversale pratiquée suivant *x x'* (fig. 1). Acide picrique. Potasse à 40 0/0. Eosine. Oc. 1, obj. 00. Vérick.

g. — Coupe de l'extrémité du gland.

c. — Coupe du corps caverneux effilé en pointe.

r. — Coupe du relief *d* de la figure 1.

b. et *p.* — Cordons aponévrotiques avec la lame tendue entre eux.

FIG. 7. — Coupe transversale suivant *y y'* (fig. 2). Mêmes réactifs que pour figure 6. Même grossissement.

PLANCHE XXVII.

FIG. 1. — Endroit marqué *p* de la figure 5, planche I. Oc. 1, obj. 6.

a. — Faisceaux conjonctifs coupés en travers et situés dans des mailles de fibres élastiques.

b. — Lame fasciculée conjonctive, superficielle.

e. — Pointillé dû à la section en travers de fibres élastiques.

c. — Cordon aponévrotique.

FIG. 2. — Une portion du cordon aponévrotique. Acide picrique. Picrocarminate d'ammoniaque. Oc. 1, obj. 6. Vérick.

(1) La plupart de nos dessins ont été dessinés avec l'aide de la chambre claire de M. Malassez.



FIG. 3. — Endroit marqué o de la figure 5, planche I. Oc. 2, obj. 7. Vérick. Osmique. Coloration au carmin d'indigo. On voit les faisceaux conjonctifs nucléés, coupés transversalement et compris dans des mailles de tissu conjonctif.

FIG. 4. — Un gros vaisseau de la périphérie du gland (fig. 7, pl. I). Oc. 1, obj. 6.

FIG. 5 et 6. — Vaisseaux de la périphérie du gland. Acide osmique. Double coloration au carmin aluné et au carmin d'indigo. Oc. 1, obj. 6. Vérick.

FIG. 7. — Vaisseaux de la périphérie du gland. Embryon de mouton de 40 centimètres. Oc. 1, obj. 7. Acide osmique. Double coloration au carmin aluné et au carmin d'indigo.

FIG. 8. — Trois corpuscules de Krause du gland. Ac. osmique. Hématoxyline de Delafield. Oc. 1, obj. 7. Vérick.

FIG. 9. — Corpuscule de Meissner du gland (jus de citron, chlorure d'or à 1/200, eau acétifiée). Oc. 2, obj. 7. Vérick.

FIG. 10. — Coupe de l'appendice, à sa partie moyenne, chez un embryon de 32 centimètres. Acide osmique. Hématoxyl. de Delafield. Oc. 1, obj. 2.

FIG. 11, 12 et 13. — Embryon de 25 centimètres. Coupes pratiquées d'avant en arrière. Comparer avec figures 6 et 7 de planche I. Ac. osmique. Safranine. Oc. 1, obj. 0. Vérick.

Le propriétaire-gérant,

FÉLIX ALCAN.

Saint-Denis. — Impr. Léon Botte, succr de Ch. Lambert, 20 bis, rue de Paris.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LES

CENTRES RESPIRATOIRES DE LA MOELLE ÉPINIÈRE

Par E. WERTHEIMER
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lille.

(DEUXIÈME MÉMOIRE)

Nous avons montré dans un précédent travail qu'après la section de la moelle cervicale au niveau de l'axis, les mouvements respiratoires du tronc se rétablissaient chez les chiens adultes si l'on prolongeait suffisamment l'insufflation pulmonaire, et nous avons admis, d'après les idées de Brown-Sequard, que leur arrêt n'était qu'un effet d'inhibition dû au traumatisme. Nous avons été ainsi amené à nous demander s'il n'existait pas un moyen qui pût prévenir les conséquences prochaines de l'opération, et permettre aux centres médullaires de manifester immédiatement leur activité : ce moyen, nous l'avons trouvé dans le refroidissement préalable de l'animal mis en expérience.

Nous devions aussi nous occuper de l'action des nerfs centripètes du tronc sur la respiration spinale, pour la comparer à l'influence qu'exercent ces mêmes nerfs lorsque la moelle allongée est intacte : les résultats ainsi obtenus pouvaient, de plus, être utilement rapprochés des effets produits par l'excitation du pneumogastrique sur le centre bulbaire.

Ce sont les expériences relatives à ces deux questions qui font l'objet du présent travail.

I. — Retour rapide des mouvements respiratoires du tronc après la section de la moelle cervicale chez les mammifères adultes refroidis.

1° *Méthode opératoire.* — Dans les expériences dont il va être question, notre but était d'empêcher ou du moins d'atténuer autant que possible l'effet inhibitoire consécutif à la sec-

tion de la moelle cervicale. Le moyen par excellence, ce serait évidemment de supprimer l'influence du bulbe sans aucune espèce de traumatisme. Une anémie complète de ce centre conduirait au résultat : mais chez le chien sur lequel nous avons surtout expérimenté, la ligature des carotides et des vertébrales, suivant le procédé de Kussmaul et Tenner ne rend pas le bulbe complètement exsangue, à cause des anastomoses entre ses artères et celles de la moelle cervicale. On ne voit se produire après cette opération qu'une violente dyspnée due à un afflux insuffisant du liquide sanguin.

Chez le lapin où ces anastomoses ne paraissent pas exister, l'oblitération des artères qui vont à l'encephale dépasserait le but; car la ligature des vertébrales amènerait également l'anémie de la moelle cervicale, c'est-à-dire des origines des nerfs phréniques et réduirait ainsi à l'impuissance le principal agent de la respiration, le diaphragme.

L'on pourrait essayer, il est vrai, chez cet animal, comme l'a fait une fois Langendorff, sans grand succès d'ailleurs, de mettre un fil sur les carotides et de ne lier les vertébrales qu'entre l'axis et l'atlas. Chez le chien, nous avions songé à injecter à ce niveau dans ces dernières une poudre oblitérante : on arriverait peut-être ainsi à rendre imperméables les seuls vaisseaux du bulbe, tout en empêchant le retour du sang par les voies anastomotiques. Mais ces procédés présentent de grandes difficultés d'exécution.

Nous avons employé un moyen déjà mis en usage par Frédéricq (1), le refroidissement direct du bulbe. Ce physiologiste avait recours à l'application directe, de morceaux de glace sur le centre nerveux ou bien encore il mettait en contact des mélanges refrigérants avec la membrane occipito-atloïdienne, et il voyait ainsi la respiration se ralentir progressivement, puis s'arrêter complétement quand le refroidissement avait été poussé assez loin.

Le but de Frédéricq, comme le nôtre, était de « diminuer l'excitabilité de la moelle allongée et même la mettre complètement hors de combat sans la faire passer par une période d'excitation. » Il voulait vérifier ainsi si cet organe « est le point de

(1) *Expériences sur l'innervation respiratoire*. Arch. f. Anat und Physiol. Suppl. 1883, p. 51.

départ d'impulsions actives pour les mouvements respiratoires » ou s'il « exerce au contraire une influence déprimante sur ces mouvements. » L'auteur déduit de ses expériences « la centralisation dans le bulbe des impulsions respiratoires. » Les conclusions tirées de ces expériences sont, en apparence, parfaitement justifiées : mais, en réalité, le procédé ne permet pas d'atteindre le but qui est de réduire à l'impuissance le centre bulbaire tout en laissant persister l'activité des centres spinaux.

Avant d'avoir pris connaissance de ces recherches de Frédéricq, nous avions fait quelques essais avec le chlorure de méthyle que nous vaporisions directement sur le bulbe mis à découvert : nous obtenions ainsi très rapidement la congélation de cet organe mais en même temps, comme Frédéricq, un arrêt complet de la respiration. Nous n'avons pas renouvelé souvent ces tentatives : car nous nous sommes assuré bien vite que l'action irritante du chlorure de méthyle, jointe à la réfrigération, amenait, aussi bien que la section au bistouri, ces effets inhibitoires que nous voulions éviter.

Il est vraisemblable cependant que, dans certaines conditions expérimentales, l'application directe du froid, ou celle d'autres agents sur le bulbe, pourra conduire au résultat cherché, et nous pensons en trouver la preuve dans quelques-unes des expériences de M. Markwald (1) dont il sera question plus loin.

Mais, pour en revenir à nos propres expériences, après que les tentatives, dans lesquelles nous cherchions à annihiler sans traumatisme l'influence du bulbe, furent restées infructueuses, nous avons songé à refroidir l'animal tout entier, avant de procéder à la section de la moelle comme d'habitude. Nous nous fondions sur le fait bien connu que chez les animaux dits à sang froid, les mouvements réflexes reviennent beaucoup plus vite, après cette opération, que chez les animaux à température constante, et quelquefois immédiatement après. Nous supposions que chez des mammifères dont la température aurait été considérablement abaissée, il en serait de même, et qu'avec les mouvements reflexes généraux du tronc nous verrions reparaître très rapidement cette autre manifestation de l'activité médullaire, les mouvements respiratoires. Dans un grand nombre de cas, ces prévi-

(1) Die Athembeweg. und deren Innerv. beim Kaninchen Sonderabdr aus der Zeitschr. f. Biol., 1886.

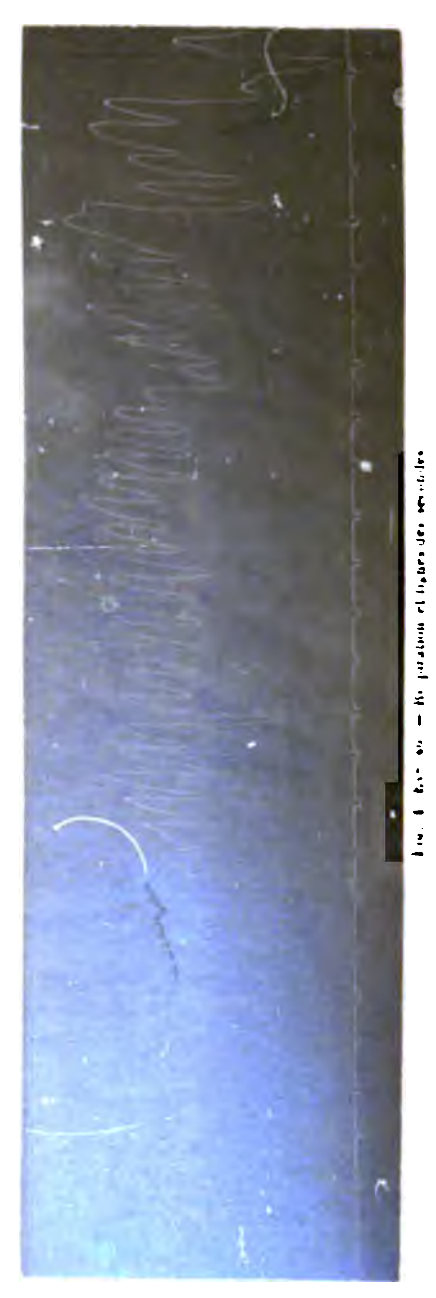




FIG. 1. Exp. [illegible] — Respiration et lignes des secondes.

sions se sont trouvées justifiées : chez les animaux adultes, chez lesquels la respiration met d'ordinaire au minimum une heure à se rétablir, après la section de la moelle, nous avons pu, quand ils étaient refroidis, prendre des tracés 5, 10, 15 minutes et même quelquefois immédiatement après l'opération.

Pour refroidir les animaux mis en expérience, nous nous sommes borné, n'ayant pas d'appareil spécial à notre disposition, à les attacher sur une planchette et à les soumettre à un courant continu d'eau froide. On commençait par anesthésier l'animal au chloroforme pour l'empêcher de s'agiter : plus tard, quand la température était suffisamment abaissée, il ne réagissait plus, et on cessait l'anesthésie.

Dans nos premières expériences à ce sujet, nous arrêtions la réfrigération quand le thermomètre introduit dans le rectum marquait entre 25 et 28° ; après la section de la moelle, la température baissait encore presque aussitôt de 1 à 2° ; mais ensuite dans un grand nombre de cas, nous poussions d'emblée le refroidissement jusqu'à 22, 20 et quelquefois 18°, et avec les mêmes résultats.

La moelle était divisée, d'après le procédé indiqué dans notre premier mémoire les pneumogastriques étaient coupés, et le tracé toujours pris de la même façon (canule trachéale en communication par l'intermédiaire d'un robinet à trois voies avec un tambour enregistreur et avec l'appareil à insufflation (1).

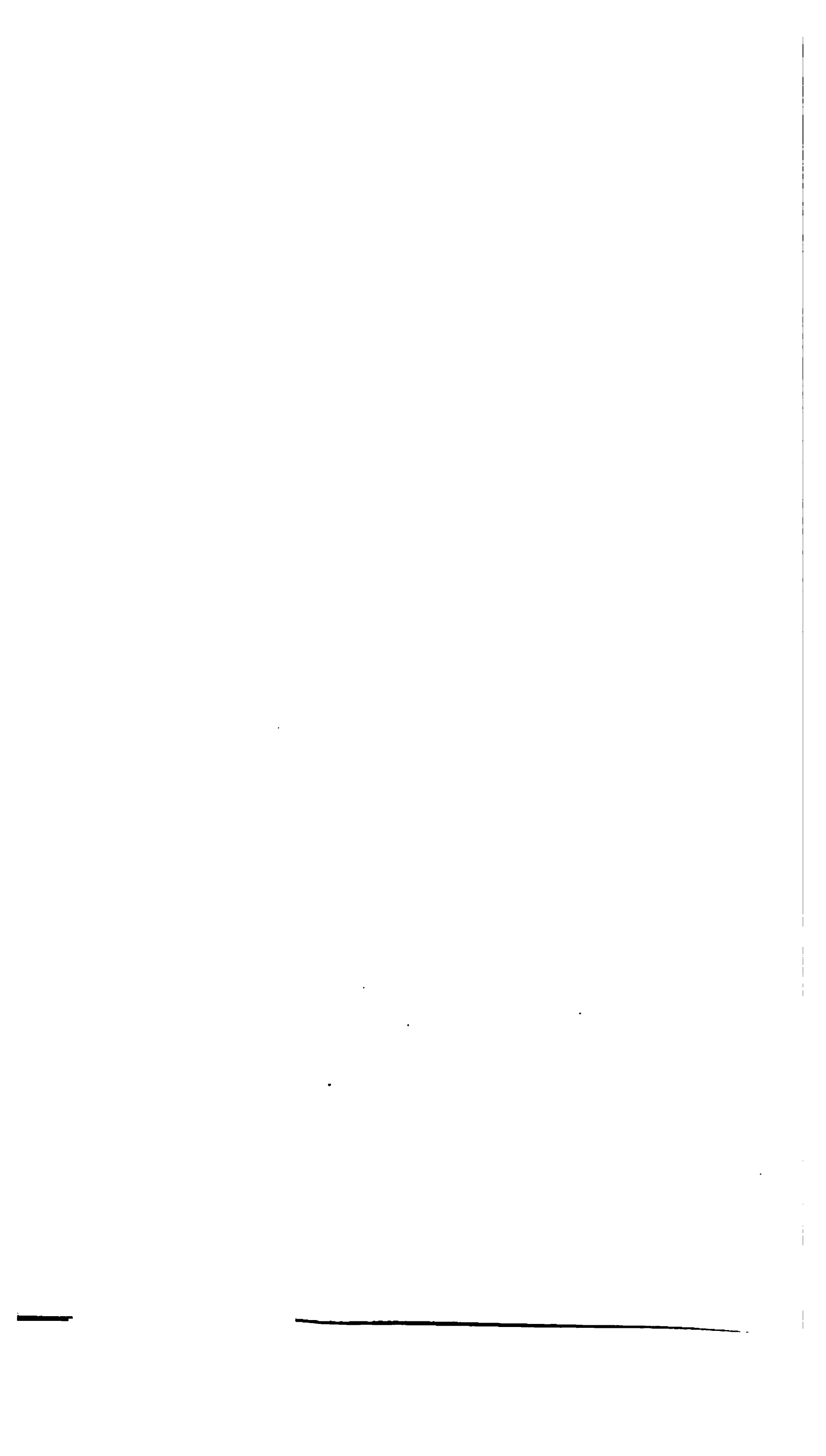
2° *Expériences.* — Ces expériences ont été pratiquées sur les chiens et sur des lapins.

A. — Chiens.

Les caractères des mouvements que l'on observe dans ces conditions ne diffèrent pas, ordinairement, de ceux que nous avons décrits chez les animaux non refroidis. La grande fréquence, l'amplitude faible et inégale de cette respiration en sont encore les traits les plus frappants. Les figures 1 et 2 en sont des exemples.

Voici en même temps les détails des expériences qui s'y rap-

(1) V. *Journal de l'Anat. et de la Physiol.*, 1886, p. 458. Dans toutes les expériences qui ont été faites chez les animaux refroidis, ou qui portent un numéro d'ordre supérieur à 56, on n'a pas interposé de récipient sur le tube qui allait au tambour : ce détail devait être noté, au point de vue de l'amplitude de ces mouvements.



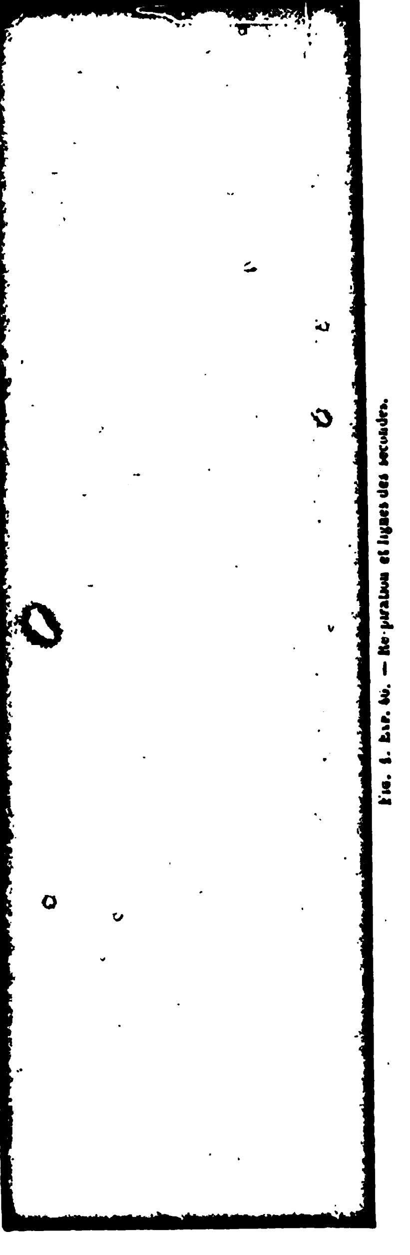


Fig. 1. Exp. 30. — Respiration et lignes des secondes.

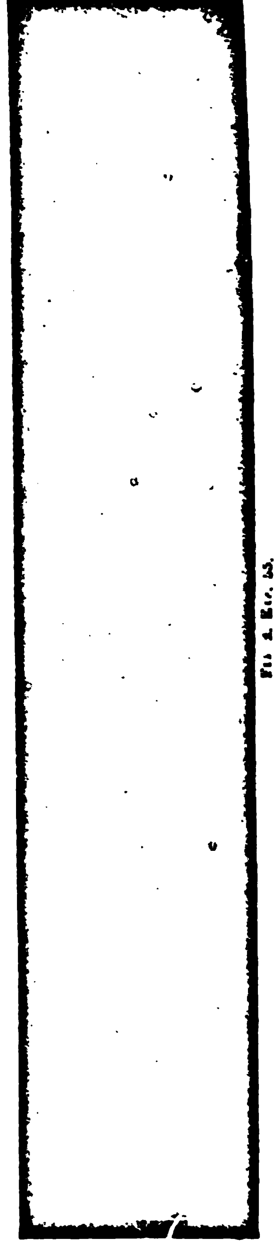


Fig. 2. Exp. 23.

sions se sont trouvées justifiées : chez les animaux adultes, chez lesquels la respiration met d'ordinaire au minimum une heure à se rétablir, après la section de la moelle, nous avons pu, quand ils étaient refroidis, prendre des tracés 5, 10, 15 minutes et même quelquefois immédiatement après l'opération.

Pour refroidir les animaux mis en expérience, nous nous sommes borné, n'ayant pas d'appareil spécial à notre disposition, à les attacher sur une planchette et à les soumettre à un courant continu d'eau froide. On commençait par anesthésier l'animal au chloroforme pour l'empêcher de s'agiter : plus tard, quand la température était suffisamment abaissée, il ne réagissait plus, et on cessait l'anesthésie.

Dans nos premières expériences à ce sujet, nous arrêtions la réfrigération quand le thermomètre introduit dans le rectum marquait entre 25 et 28° ; après la section de la moelle, la température baissait encore presque aussitôt de 1 à 2° ; mais ensuite dans un grand nombre de cas, nous poussions d'emblée le refroidissement jusqu'à 22, 20 et quelquefois 18°, et avec les mêmes résultats.

La moelle était divisée, d'après le procédé indiqué dans notre premier mémoire les pneumogastriques étaient coupés, et le tracé toujours pris de la même façon (canule trachéale en communication par l'intermédiaire d'un robinet à trois voies avec un tambour enregistreur et avec l'appareil à insufflation (1).

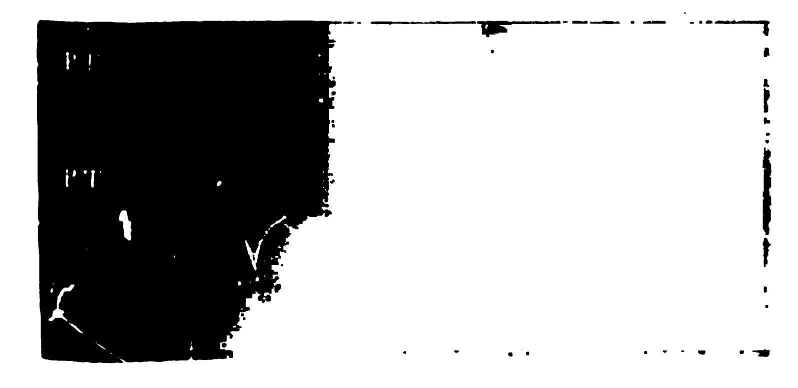
2° *Expériences.* — Ces expériences ont été pratiquées sur des chiens et sur des lapins.

A. — Chiens.

Les caractères des mouvements que l'on observe dans ces conditions ne diffèrent pas, ordinairement, de ceux que nous avons décrits chez les animaux non refroidis. La grande fréquence, l'amplitude faible et inégale de cette respiration en sont encore les traits les plus frappants. Les figures 1 et 2 en sont des exemples.

Voici en même temps les détails des expériences qui s'y rap-

(1) V. *Journal de l'Anat. et de la Physiol.*, 1886, p. 458. Dans toutes les expériences qui ont été faites chez les animaux refroidis, ou qui portent un numéro d'ordre supérieur à 56 on n'a pas interposé de récipient sur le tube qui allait au tambour : ce détail devait être noté, au point de vue de l'amplitude de ces mouvements.



portent. Comme elles sont à peu près toujours les mêmes, nous nous bornerons à reproduire les suivantes :

EXPÉRIENCE 46. — FIG. 1. — Chien adulte refroidi à 25°,5.

Immédiatement après la section de la moelle, le thermomètre placé dans le rectum marque 24°,5 et son introduction détermine un mouvement de soulèvement des deux pattes postérieures.

Le pincement d'une de ces pattes produit des mouvements reflexes dans toutes les deux, la percussion d'un tendon rotulien provoque également l'extension des deux jambes (1).

Dans les pattes antérieures, mouvements rhythmiques continus.

10 minutes après la section on prend le tracé n° 1.

EXPÉRIENCE 55. — FIG. 2. — Chienne adulte. Température avant l'opération 24°, après 22°.

Le chatouillement de la vulve produit aussitôt des mouvements dans les deux pattes postérieures; le pincement de la pulpe digitale détermine après un retard assez considérable des mouvements du côté correspondant seulement.

Rien du côté des membres antérieurs.

Au bout de 10 minutes l'excitation de la vulve provoque non seulement des mouvements des deux pattes postérieures, mais encore des contractions rythmiques des sphincters. A ce moment l'attouchement du sciatique que l'on met à nu pour le charger sur les électrodes, amène un mouvement de retrait du tronc, et un reflexe dans la patte du côté opposé.

L'animal a respiré cinq minutes après la section; mais les oscillations du diaphragme sont si légères qu'elles se marquent à peine; environ cinq minutes plus tard, on enregistre le tracé n° 2.

Nous retrouvons ici encore cette intervention des muscles abdominaux qui contribue à donner à cette respiration sa physionomie particulière.

Le tracé n° 3 qui provient d'une chienne adulte dont la température avait été abaissée à 26° est surtout intéressant en ce qu'il a été pris immédiatement après la section de la moelle.

On voit aussi d'après les quelques détails rapportés plus haut que chez les animaux refroidis, les mouvements reflexes généraux peuvent être souvent provoqués aussitôt après l'opération, et quelquefois dans les quatre membres, au lieu de se réveiller tardivement et de revenir progressivement de bas en haut, comme cela se passe dans les conditions ordinaires.

(1) Nous avons souvent observé que le reflexe rotulien était revenu alors que l'excitation des nerfs cutanés restait absolument sans effet, que les animaux fussent ou non refroidis.

Cependant, les mouvements respiratoires que l'on observe chez les chiens dont la température a été abaissée présentent

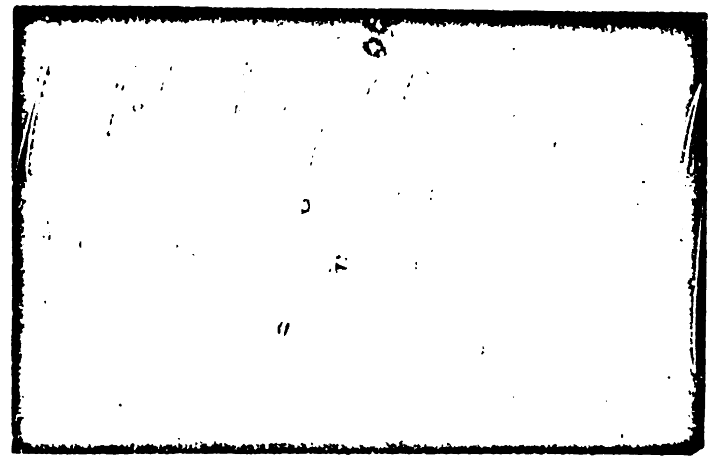


Fig. 3. Exp. 57.

quelques particularités qui méritent d'être mentionnées. Ils sont souvent tellement superficiels que l'on croirait avoir à faire à des mouvements du cœur inscrits par la trachée, si l'on ne constatait pas en même temps les soulèvements répétés de la région épigastrique, non synchrones avec le pouls, et mieux encore les contractions rapides du diaphragme lui-même, mis à nu.

Pour lever tous les doutes à cet égard, il suffit, du reste,

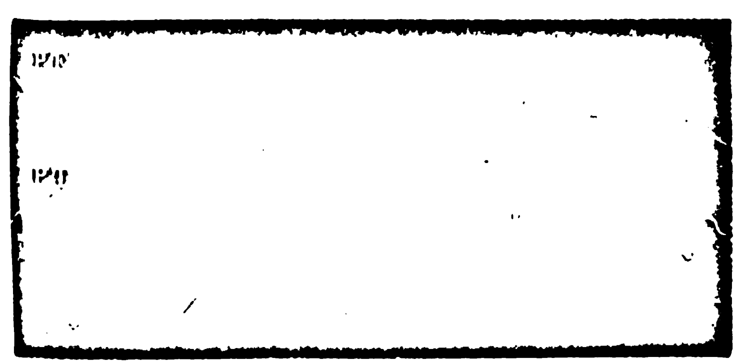


Fig. 4. Exp. 57. — PF pression fémorale, Pt, pression trachéale.

d'enregistrer simultanément les mouvements du cœur et non de la respiration. La figure 4 nous donne ainsi le tracé de la pres-


a
b





sion fémorale et celui de la pression trachéale. (Voy. aussi fig. 19). Le cœur est très ralenti comme il l'est toujours à la suite d'une réfrigération prolongée et l'on voit que pour une pulsation artérielle il n'y a pas moins de six oscillations du diaphragme. Nous aurons plus tard à revenir à un autre point de vue sur ce défaut de synchronisme entre la fréquence des battements du cœur et celle de la respiration ; pour le moment, il nous suffit de démontrer que les courbes de la ligne PT correspondent bien à des inspirations d'amplitude extrêmement faible.

On remarquera aussi sur ce même tracé un détail assez intéressant. Dans les conditions normales, lorsque la respiration et le cœur ont leur rhythme normal et qu'on enregistre la pression trachéale, on voit souvent les grandes courbes respiratoires accidentées par des ondulations qui indiquent les changements de volume du cœur. Chaque diminution systolique du volume du cœur produit un abaissement de la courbe trachéale ; c'est l'inverse pendant la diastole.

Chez les animaux refroidis au contraire, où le nombre des battements du cœur et des mouvements de la respiration est dans un rapport inverse à celui de l'état physiologique, chaque pulsation cardiaque est indiquée par une courbe allongée sur laquelle se marquent les rapides vibrations du diaphragme. Aussi dans ces cas, si l'on n'avait soin d'enregistrer en même temps la pression artérielle, on serait exposé, dans la lecture de ces tracés, à attribuer à la respiration ce qui appartient au cœur et réciproquement.

Cependant, dans d'autres expériences, des courbes, assez semblables aux précédentes, n'ont plus la même signification : les grandes aussi bien que les petites ondulations tiennent aux contractions du diaphragme. (Voy. fig. 5). De *a* en *b*, le muscle s'abaisse progressivement par une série de saccades, devenues peu à peu plus profondes.

Bien que ces mouvements se suivent régulièrement et d'après un groupement déterminé, on peut s'assurer pourtant en comparant la courbe *ab* à la courbe *bc* par exemple, qu'elles n'ont pas l'uniformité de celles que produisent, comme dans les cas précédents, les changements de volume du cœur.

Du reste, chez le même animal nous voyons plus tard les petites ondulations disparaître, comme si elles se fusionnaient en un

mouvement plus ample (fig. 6). C'est un fait que l'on observe assez souvent, ainsi que le prouveront encore d'autres exemples.

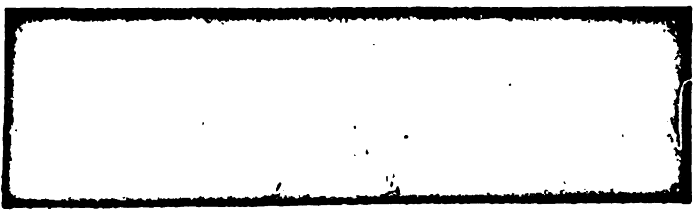


FIG. 5. EXP. 51.

Dans certains cas, les inspirations superficielles sont interrompues de temps en temps par un mouvement plus profond qui se reproduit avec une périodicité presque régulière (fig. 7). Il semble qu'on ait à faire à un phénomène de Cheyne-Stokes d'un type particulier. Après une contraction plus énergique du

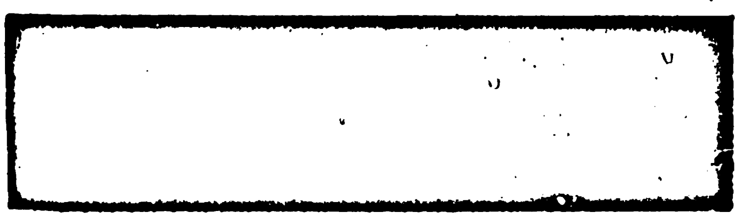


FIG. 6. EXP. 30.

diaphragme, l'excitabilité amoindrie de la moelle ne lui permet plus que de provoquer des mouvements très faibles, et ces alternatives se répètent à intervalles presque égaux.

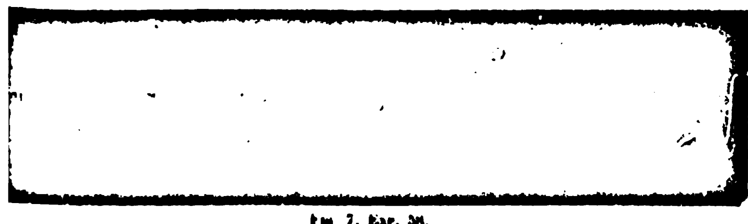


FIG. 7. EXP. 38.

Les caractères précédents peuvent aussi se rencontrer chez des animaux non refroidis, mais ils sont moins communs que chez ceux-ci.

Il faut dire encore que chez ces derniers les mouvements res-







piratoires qui reviennent spontanément après la section, sont souvent peu fréquents tout en restant généralement peu amples.

Dans une dernière catégorie d'expériences, ils ne se rétablissent pas d'eux-mêmes après l'opération ; mais à l'inverse de ce qui se passe presque toujours chez les animaux adultes dont la température n'a pas été abaissée avant la section, on peut les réveiller immédiatement par des excitations reflexes mécaniques ou électriques, et l'on peut provoquer ainsi des contractions soit du diaphragme, ce qui est le plus ordinaire, soit des muscles abdominaux, soit encore des inspirations précédées ou suivies d'expirations actives.

Dans ces cas, l'excitabilité de la moelle, tout en n'étant pas abolie après le traumatisme, reste cependant très amoindrie.

Si nous laissons de côté les faits de cet ordre pour ne nous attacher qu'à ceux qui sont les plus frappants, nous voyons que ce qui distingue le plus communément les mouvements respiratoires de ces chiens refroidis, c'est leur amplitude remarquablement faible, alors que leur fréquence reste très grande; et encore peuvent-ils être aussi profonds que dans les expériences ordinaires.

B. — Lapins.

Il était intéressant de savoir si l'on obtiendrait chez ces animaux les mêmes résultats que chez les chiens. Langendorff, en effet, en sectionnant le bulbe à des lapins dont le développement était déjà assez avancé, a vu qu'ordinairement après l'arrêt de l'insufflation pulmonaire il ne se produisait qu'un ou deux mouvements respiratoires, et que très souvent ils faisaient complètement défaut.

En serait-il encore de même quand la température de ces animaux aurait été préalablement abaissée ? Les expériences que nous avons faites pour répondre à cette question ne sont pas nombreuses, mais toutefois concluantes.

Sur quatre lapins adultes que nous avons ainsi opérés, deux ont respiré après que la respiration artificielle eût été entretenue chez l'un pendant trois, chez l'autre pendant cinq minutes ; chez un troisième, les mouvements respiratoires ne se sont pas établis spontanément, mais on les provoquait par des excitations centripètes ; enfin un quatrième n'a rien donné.

Les détails de ces expériences sont les mêmes que chez les iens.

Expérience 54. — Fig. 8 et 9. — Lapin adulte refroidi à 22°.

Immédiatement après la section de la moelle, le pincement de la pulpe digi- d'une patte quelconque produit des mouvements reflexes dans toutes les res. De même le chatouillement de la vulve : cette excitation provoque de s des mouvements du diaphragme.

On enregistre donc aussitôt le tracé suivant, environ trois minutes après pération.

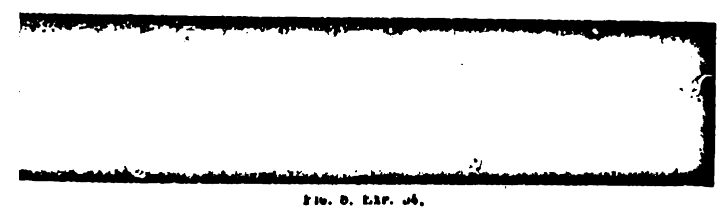


Fig. 8. Exp. 54.

Un peu plus tard la respiration a pris un peu plus d'amplitude (fig. 9).

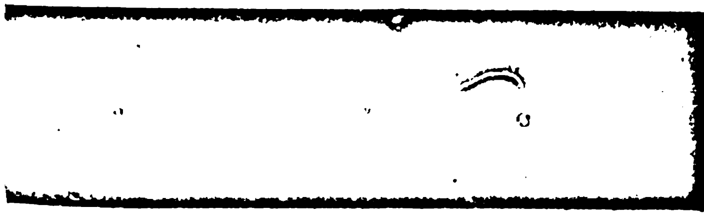


Fig. 9. Exp. 54.

Expérience 53. — Fig. 10. — Lapin adulte refroidi : après la section de la moelle la température rectale est de 22°.

La pression d'une patte postérieure détermine des mouvements des quatre membres, et la percussion du tendon rotulien l'extension des deux pattes postérieures.

On constate au bout de cinq minutes que l'animal respire, pendant l'insufflation pulmonaire : on prend le tracé n° 10.



Fig. 10. Exp. 53.

Comme dans toutes ces expériences, on inscrit les mouvements respiratoires

pendant une ou deux minutes environ; puis, on rend la respiration artificielle, et on recommence ainsi à différentes reprises.

Chez cet animal, nous excitons pendant une insufflation pulmonaire et peu après la section de la moelle le bout central du nerf sciatique gauche (deux éléments Daniell, chariot de Du Bois Reymond).

La bobine secondaire étant à 25 cent. de la primaire, le courant induit provoque un mouvement dans la patte postérieure opposée : à 15 cent. on obtient des contractions dans cette dernière et dans la patte antérieure gauche, enfin à 12 cent. dans les trois membres.

Les caractères des mouvements respiratoires observés chez ces lapins sont ceux que l'on enregistre chez les chiens, alors que l'activité de la moelle n'est que faiblement revenue. On voit cependant que chez l'un d'eux la respiration a à peu près sa fréquence normale avec une amplitude moindre (fig. 8); chez l'autre, les mouvements se reproduisent par groupes de deux ou trois, et l'on voit s'inscrire aussi des expirations actives (fig. 10).

Dans l'expérience 33, nous avons rapporté quelques détails relatifs à l'excitation du sciatique, afin de démontrer en passant que les reflexes peuvent se généraliser chez les mammifères, même après l'ablation du bulbe, ainsi que Luchsinger (1) l'a soutenu avec raison et contrairement à Owjaniskoff (2). Luchsinger a ajouté que les résultats négatifs obtenus par ce dernier tenaient au choix de l'animal, et, qu'en effet, chez le lapin dont la moelle cervicale a été sectionnée, l'irradiation des excitations reflexes ne se produit que très rarement. On voit que, grâce au refroidissement, on peut montrer que le lapin ne fait pas exception à la règle générale.

En ce qui concerne la respiration, les résultats que nous avons obtenus chez les lapins diffèrent sensiblement de ceux qu'a rapportés récemment M. Markwald, dans le travail cité plus haut (3). Cet auteur a vu comme nous, et ainsi que nous croyons l'avoir le premier signalé (4), les mouvements respiratoires spontanés se rétablir immédiatement après l'ablation du bulbe chez des lapins qui avaient été préalablement refroidis; mais d'après lui, il ne se produit ordinairement qu'une ou deux contractions tétaniques du diaphragme, accompagnées d'autres mouvements

(1) *Arch. de Pflüger*, t. 22, p. 178.
(2) *Lepziger Berichte*, 1874.
(3) *Loc. cit.*, p. 33.
(4) *Soc. de biologie*, mai 1886.

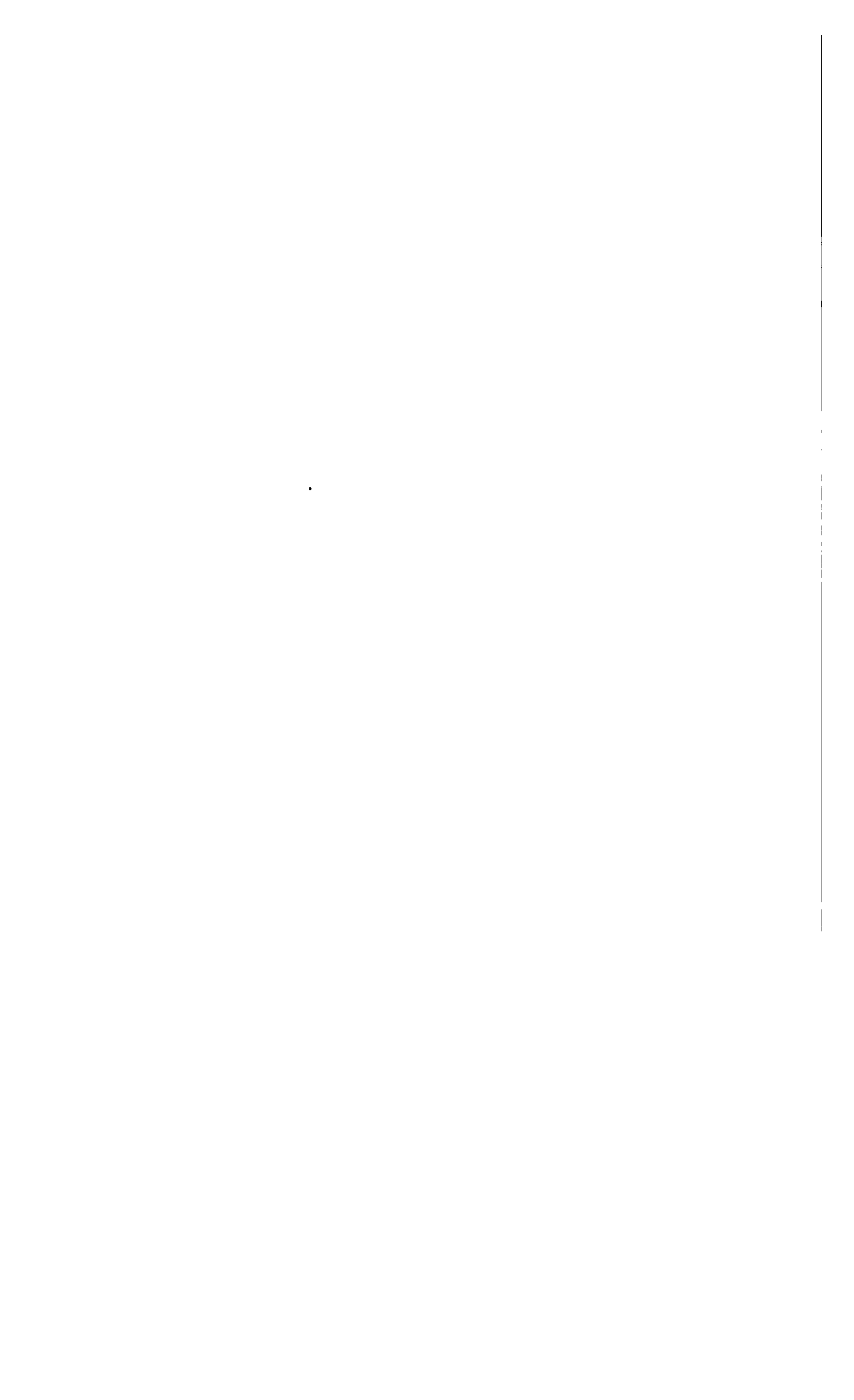
convulsifs. Aussi, d'après M. Markwald, la moelle ne renferme-t-elle que des conducteurs centrifuges, et non des centres pour la respiration. Les mouvements que l'on observe chez les animaux à bulbes sectionnées ne sont pas des respirations normales, mais des convulsions des muscles respiratoires. (Athemkrämpfe.) Ils reconnaissent comme cause une excitabilité exagérée de la moelle, mise en jeu par des irritations reflexes continuelles, parties soit de la peau, soit de la surface de section.

Cette interprétation, même si elle était entièrement exacte, ne prouverait rien contre l'existence des centres spinaux ; en admettant que ce soient des excitations reflexes aboutissant à la moelle qui y provoquent ces mouvements respiratoires, il faut encore que celle-ci renferme les centres correspondants. Que cette respiration ne soit pas une respiration normale, c'est également ce que nous avons cherché à prouver ; mais nous nous en rendons compte aisément par ce seul motif que la moelle n'est plus soumise à l'action régulatrice d'un centre supérieur.

Si nous nous en tenons aux faits, nous ne pouvons que répéter encore une fois que, pour cette question, le lapin est un sujet d'expérience mal choisi ; et encore faut-il faire remarquer qu'en ce qui concerne cet animal, nos expériences ne sont pas d'accord avec celles de M. Markwald ; nous n'avons observé ni ces convulsions d'autres muscles, ni ces contractions tétaniques du diaphragme dont parle cet auteur, ainsi qu'on peut en juger par les observations et les tracés que nous avons reproduits. Dans nos deux cas, la section complète de la moelle ne pouvait faire l'objet d'aucun doute : du reste, les nombreux tracés fournis par le chien démontrent, sans qu'il soit besoin d'insister que la respiration spinale présente des caractères différents de ceux que leur a décrits M. Markwald.

Après tout ce que nous savons de l'influence du traumatisme sur le système nerveux du lapin, on comprend que chez cet animal le refroidissement ne puisse atténuer les effets de l'opération au même degré que chez le chien. Cependant, si par un moyen quelconque on arrivait à les amoindrir encore davantage, on devrait voir, chez le premier, les mouvements respiratoires qui dépendent de la moelle prendre les mêmes caractères que chez le second.

Or, ce moyen nous paraît précisément avoir été indiqué par







[illegible] MM. [illegible] les [illegible] respira-[illegible] même ordre et tout [illegible] Les respi-[illegible] qui avait d'abord été [illegible] après la section [illegible] devant [illegible] pendant la re-[illegible]

[illegible] respirations primitives prirent un aspect très curieux, elles ressemblèrent bientôt aux secousses du diaphragme que l'on obtient lorsqu'on agit directement sur les phréniques par des excitations qui ne se suivent pas assez rapidement et qui provoquent alors un tétanos discontinu. Une autre fois, chaque mouvement respiratoire semblait se décomposer en

[illegible]

M. Markwald lui-même (1). Il divise le bulbe immédiatement *au-dessus* du centre respiratoire ; et il montre qu'après cette opération la respiration peut, suivant que la section a porté plus ou moins haut, rester tout à fait normale ou au contraire devenir périodique, c'est-à-dire que des séries de trois ou quatre mouvements successifs sont séparées par de longues pauses. Mais, dans quelques-unes de ses expériences, M. Markwald applique directement sur la surface de section au moyen d'une canule spéciale, un mélange réfrigérant à — 5° ; dans d'autres cas, c'est un agent chimique, le chlorure de sodium, qu'il emploie.

Et alors, voici la description que donne l'auteur des phénomènes observés lorsqu'il a eu recours à ce dernier agent, par exemple. Il voit apparaître « des contractions du diaphragme toutes particulières qui n'ont nulle analogie avec celles que l'on provoque d'une façon reflexe par l'excitation électrique de la moelle allongée. Les respirations qui, dans l'un de ces cas, et à cause du niveau de la section, étaient rares et séparées par de longues pauses, devinrent extraordinairement fréquentes, tout à fait irrégulières et si petites qu'on aurait pu les prendre pour des battements du cœur; mais elles étaient beaucoup plus nombreuses que ces derniers. En même temps, se produisaient comme auparavant, à intervalles réguliers, les inspirations normales avec leur amplitude habituelle : mais pendant qu'elles s'enregistraient, les petits mouvements respiratoires persistaient et s'inscrivaient comme des ondulations sur les lignes ascendante et descendante de l'inspiration normale qui simulait ainsi une courbe de Traube Hering. » En ouvrant l'abdomen, l'auteur constate que le diaphragme est dans un état de vibration continuelle, que ses mouvements sont beaucoup plus fréquents que ceux du cœur : en effet, le nombre des inspirations qui était de 6 par minute avant l'application du chlorure de sodium s'éleva à 120° pendant que cette substance agissait sur le bulbe.

Nous avons pensé qu'il serait curieux de reproduire ici un tracé (fig. 11) pris comme toujours après la section de la moelle cervicale, et auquel s'applique de tous points, comme à beau-

(1) Loc. cit., p. 83.

Fig. 41. Exp. 43. — Resp[illegible] et pression fémorale.

coup d'autres que nous avons recueillis, la description donnée par M. Markwald : il est absolument semblable à la figure qui, dans son travail, vient à l'appui du texte précédemment cité (1).

En employant le mélange réfrigérant d'après son procédé, M. Markwald observa des modifications respiratoires de même ordre et tout aussi curieuses. La respiration qui avait d'abord été périodique après la section de la moelle allongée devint « rhythmique pendant la réfrigération : l'inspiration et l'expiration aussi bien que les pauses respiratoires furent entrecoupées par des contractions du diaphragme très fréquentes et irrégulières, en sorte que les respirations primitives prirent un aspect très curieux, elles ressemblèrent bientôt aux secousses du diaphragme que l'on obtient lorsqu'on agit directement sur les phréniques par des excitations qui ne se suivent pas assez rapidement et qui provoquent alors un tétanos discontinu. Une autre fois, chaque mouvement respiratoire semble se décomposer en

(1) Voy. fig. 30 du mémoire de M. Markwald.

trois, quatre ou cinq mouvements secondaires... Cependant le rhythme de la respiration démontrait qu'il ne s'agissait pas d'une augmentation de fréquence des mouvements normaux, mais bien que ceux-ci étaient entrecoupés par des contractions intercurrentes du diaphragme. *Après une réfrigération plus prolongée, le type respiratoire primitif disparut entièrement et il ne resta plus que ces petites respirations si remarquablement fréquentes, petites et irrégulières* (1). »

On se convaincra facilement à la lecture du texte, aussi bien que par l'examen comparatif des tracés, que les faits rapportés dans ce chapitre par Markwald et observés chez des animaux dont le centre bulbaire est en apparence intact, ressemblent entièrement à ceux que nous avons décrits chez les animaux à moelle sectionnée, refroidis ou non. Le passage que nous avons souligné en particulier le prouve de reste.

Cette analogie, ou plutôt cette similitude s'explique facilement à notre avis. Il nous paraît infiniment probable qu'en employant le froid comme il l'a fait et grâce au dispositif et aux conditions particulières de ses expériences, M. Markwald a précisément atteint le but que nous avions inutilement visé : supprimer l'action du bulbe sans recourir au traumatisme qui inhibe les centres médullaires.

La succession des phénomènes est, en effet, des plus nettes; au fur et à mesure que la moelle allongée perd son influence, on voit ces contractions du diaphragme dont la fréquence, le peu d'amplitude et l'irrégularité sont si caractéristiques de la respiration spinale venir entrecouper les inspirations normales, et enfin persister seules quand la paralysie du bulbe est complète.

Ce qui paraîtra peut être étonnant, c'est de trouver sur quelques uns de nos tracés, jusqu'à ces mouvements respiratoires d'amplitude normale (fig. 11) qui, dans les expériences de M. Markwald, sont encore évidemment régis par le bulbe, et qui, entrecoupés d'abord par les petites secousses du diaphragme, se reproduisent néanmoins avec leur régularité habituelle, jusqu'au moment où elles font définitivement place à ces dernières (2). C'est, qu'en effet, il arrive quelquefois, en

(1) Loc. cit., p. 81.
(2) Voy. fig 30, 31 et 32 du mémoire de M. Marwald.

l'absence du bulbe, que les petits mouvements respiratoires semblent se fusionner à intervalles très réguliers en des inspirations plus amples, par suite sans doute d'une sommation qui se fait dans la moelle, tandis qu'en sens inverse, dans les expériences de M. Markwald, les excitations d'intensité normale, parties du bulbe paraissent se dissocier et devenir discontinues au fur et à mesure que se perd l'activité de ce centre.

Il va sans dire que l'interprétation de M. Markwald, relative à ces faits, diffère totalement de la nôtre. Cet auteur n'admet pas, comme nous l'avons dit, les centres spinaux : il regarde cette forme de la respiration comme une dyspnée particulière, dyspnée par le froid, (*kaelte-dyspnœ*), dyspnée par le chlorure de sodium, (*kochsalz-dyspnœ*) par analogie avec la dyspnée thermique, et il considère ces phénomènes comme des effets d'irritation.

Or, il résulte des recherches mêmes de M. Markwald que, l'excitation de la moelle allongée par des chocs d'induction détermine des mouvements tout différents des précédents, en un mot, des respirations normales. De plus, dans une autre partie de son travail, l'auteur rapporte qu'il a appliqué son mélange réfrigérant sur les phréniques, d'après la méthode de Gad, afin « d'interrompre la conductibilité nerveuse, tout en évitant l'excitation initiale» due aux filets sensitifs des nerfs diaphragmatiques. Il voit alors que l'arrêt du diaphragme ne se produit pas aussi brusquement qu'après la section de ces nerfs, mais « que ses contractions s'affaiblissent progressivement (1). »

Ce qui est vrai de l'influence du froid quand il s'agit des phréniques doit l'être aussi, du moins dans les conditions particulières où se plaçait l'expérimentateur, pour le centre bulbaire dont l'activité, sans doute, s'épuise graduellement et finit par disparaître, en permettant à celle de la moelle de se manifester.

Du reste, M. Markwald a eu soin de faire ressortir lui-même que ces mouvements si fréquents et si faibles produits par le froid et le chlorure de sodium, n'ont aucune analogie avec

(1) Loc. cit., p. 14.

ceux que provoque l'excitation électrique du centre bulbaire. Il est forcé de supposer qu'au niveau de la surface de section ces deux agents irritent certains faisceaux moteurs, qui, situés dans les cordons latéraux, vont directement aux noyaux des nerfs phréniques, sans passer par le centre bulbaire, et leur apportent les excitations centrifuges venues des centres corticaux. On trouvera sans doute que la suppression de l'activité régulatrice du bulbe explique plus simplement les caractères de ces mouvements, si l'on compare les faits de M. Markwald à tous ceux que nous avons rapportés.

Nous n'insisterons pas sur les phénomènes produits par l'emploi du chlorure de sodium, l'auteur n'ayant pas indiqué de quelle façon ni à quel degré de concentration il se servait de cette substance : si ce corps détermine en effet au début, une irritation plus ou moins vive, on sait aussi que celle-ci fait souvent très rapidement place à la paralysie et nous pensons que l'analogie des effets obtenus soit par le froid, soit par le chlorure de sodium peut s'expliquer par une analogie de cause.

3° *Conséquences des expériences précédentes.* — Les résultats dus au refroidissement de l'animal méritent d'attirer l'attention à un double point de vue : ils apportent quelques données intéressantes à l'étude des centres respiratoires et de plus ils fournissent un exemple nouveau de l'influence que peut exercer le froid sur les propriétés des centres nerveux chez les animaux à température constante.

Remarquons d'abord que les mouvements observés dans ces conditions n'ont rien qui les distingue essentiellement de ceux que l'on constate chez les animaux dont la température est normale au moment de l'opération. Le seul trait distinctif que nous ayons eu à mentionner, c'est leur amplitude généralement très faible et quelques autres particularités se rattachant intimement à celle-ci. L'abaissement considérable de la température nous explique pourquoi les excitations parties des centres, tout en gardant leur rhythme habituel ne sont plus assez intenses pour provoquer un abaissement prononcé du diaphragme. Mais les mêmes phénomènes peuvent s'observer chez les animaux qui n'ont pas été refroidis au préalable, et chez ceux qui l'ont été

la respiration peut s'établir d'emblée avec tous les caractères ordinaires.

Aussi, le résultat le plus important pour la question qui nous occupe, c'est que dans certaines circonstances, l'activité des centres respiratoires médullaires peut se réveiller, même chez les mammifères adultes (chiens, lapins) immédiatement après l'ablation du bulbe.

Le refroidissement a donc dû supprimer l'influence quelconque qui, dans les expériences habituelles de section de la moelle, s'oppose au retour rapide de la respiration : toutes les conditions opératoires restant d'ailleurs les mêmes, on est bien autorisé à admettre que chez les animaux refroidis l'action inhibitoire du traumatisme ne peut se manifester. Ces expériences viennent donc fournir des preuves positives à la théorie de l'inhibition appliquée à ce cas particulier. Il est vrai qu'en raison du ralentissement de la circulation lié au refroidissement, la section de la moelle se fait généralement avec peu d'effusion de sang : on pourrait rapporter à cette cause les effets obtenus, si nous n'avions constaté bien souvent qu'une hémorrhagie même assez considérable, n'influait nullement sur les résultats ultérieurs de l'opération chez des chiens refroidis ou non.

On sera peut-être aussi tenté de supposer en rapprochant nos deux ordres d'expériences que dans toutes, le retour de la respiration tient à une seule et même cause, le refroidissement. Si en effet dans les faits qui nous occupent actuellement, il est antérieur à l'opération; d'autre part, après la seule section de la moelle, il peut devenir tout aussi prononcé que quand on a soustrait primitivement du calorique à l'animal par un courant continu d'eau froide (1).

Cependant il y a lieu de distinguer les deux cas. Dans l'un, c'est, sans aucun doute, le refroidissement préalable de l'animal qui permet le retour immédiat de la respiration. Dans l'autre, peut-être la diminution graduelle de la température propre du corps contribue-t-elle à faire cesser les phénomènes d'inhibition : mais elle n'est certainement pas nécessaire. Nous avons

(1) Dans nos premières expériences sur les animaux non préalablement *refroidis*, chez lesquels il faut attendre une, deux heures ou plus, le retour de la respiration, nous entourions même les chiens de ouate, dans la crainte qu'un abaissement trop considérable de la température ne pût nuire au succès de l'expérience : mais cette précaution est inutile.

vu, en effet, la fonction se rétablir exceptionnellement 20, 25 minutes après la section de la moelle, alors qu'un thermomètre placé dans le rectum marquait 35 à 36°, et même une fois chez un chien adulte dont la température était normale et dont il sera question plus loin, nous l'avons vue revenir immédiatement après l'opération : de plus, jamais les mouvements ne sont si vifs et si fréquents que quand ils se rétablissent très rapidement c'est-à-dire chez des animaux dont la température rectale n'a souvent baissé que de deux ou trois degrés.

Le procédé opératoire dont il vient d'être question non seulement nous permet d'assister au rétablissement immédiat des mouvements respiratoires, chez des chiens de tout âge, mais il a encore l'avantage de faire ressortir d'une manière saisissante l'influence régulatrice du bulbe.

Voici, en effet, un animal qui, à la suite d'une refrigération prolongée ne respire plus que 8, 6, ou même 4 fois par minute. On divise la moelle au niveau de l'axis et immédiatement, ou bien au bout de quelques minutes quand la fonction se rétablit, le nombre des mouvements s'élève à 40, 50 ou davantage. Les fig. 12 et 13 fournies par le même chien refroidi, l'une avant, l'autre deux ou trois minutes après la section de la moelle mettent en lumière ce contraste si frappant.

Nous nous trouvons ici en présence d'effets qui ont une grande analogie avec ceux que produit la section du pneumogastrique sur les mouvements du cœur, analogie que nous avons déjà eu occasion de signaler, mais qui apparaît ici d'autant plus manifeste que les résultats suivent immédiatement l'opération. Chez les animaux non refroidis, nous avons déjà vu les mouvements respiratoires, commandés par la moelle, se succéder avec une fréquence très grande, tandis que ceux de la tête se ralentissent pendant les progrès de l'asphyxie : mais il faut attendre que l'excitabilité des centres spinaux soit revenue, tandis que dans les conditions actuelles, elle persiste après l'opération.

La comparaison de ces expériences avec la section du pneumogastrique se justifie : si d'un côté ce sont des fibres centrifuges allant du bulbe aux ganglions intracardiaques que l'on divise, de l'autre, ce sont des fibres intercentrales apportant aux noyaux médullaires l'influence bulbaire.

FIG. 12. Exp. 61. — Chien refroidi à 25° : tracé de la respiration avant la section de la moelle.

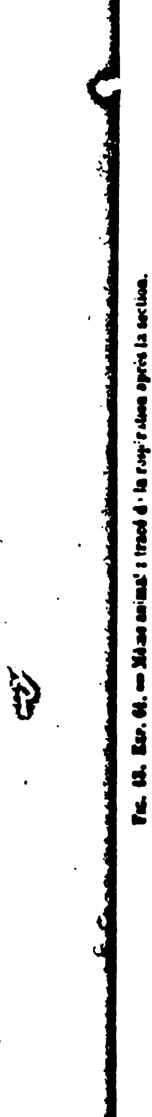


FIG. 13. Exp. 61. — Même animal : tracé de la respiration après la section.



Nous n'entendons cependant pas assimiler entièrement l'appareil modérateur du cœur à l'appareil central de la respiration qui a son siège dans la moelle allongée : ce dernier ne représente pas seulement un mécanisme d'arrêt, c'est un régulateur dans le sens le plus large du mot. Si, pour une cause ou une autre, il ralentit les mouvements de la respiration, c'est tantôt en augmentant le travail produit comme dans l'asphyxie, tantôt en le diminuant comme dans le refroidissement : d'autre part, il peut aussi dans certaines conditions les accélérer. Il n'en est pas moins vrai que lorsque les centres spinaux sont soustraits à l'influence du bulbe, le rhythme qu'ils commandent se fait toujours remarquer par sa grande fréquence, absolument comme le rhythme du cœur après la section des nerfs vagues.

Le refroidissement préalable de l'animal permet encore de montrer que le rétablissement spontané de la respiration n'est pas chez l'animal adulte un fait particulier à une seule espèce. Le lapin, dont la température a été notablement abaissée, se comporte sous ce rapport comme le chien, contrairement à ce qu'on observe chez le même animal à température normale. Ses centres nerveux, si impressionnables aux traumatismes, résistent donc bien mieux après le refroidissement.

A un point de vue plus général, le retour rapide de la respiration ou plutôt sa persistance chez les animaux refroidis établit entre la physiologie de ces derniers et celle des nouveau-nés un rapprochement qui a son intérêt. C'est en effet chez les nouveau-nés que Brown-Sequard a pu constater d'abord que l'ablation de la moelle allongée n'amène pas toujours un arrêt immédiat et définitif des mouvements respiratoires. La résistance bien connue de leurs centres nerveux au traumatisme opératoire explique cette similitude de résultats : on sait que pour certaines expériences relatives aux fonctions de la moelle, on s'adresse de préférence à des animaux très jeunes. Le fait que nous signalons vient donc fournir un exemple nouveau de ces phénomènes communs aux nouveau-nés et aux adultes artificiellement refroidis. Nous pouvons rappeler dans cet ordre d'idées la persistance plus grande chez les uns et chez les autres, de la vitalité et des propriétés des tissus, soit après la mort (Cl.

Bernard) (1), soit après l'ablation de la moelle allongée (Brown-Sequard) (2).

4° *Mode d'action du refroidissement.* — L'on s'explique assez facilement que chez les animaux dont la température a été notablement abaissée, le ralentissement des phénomènes chimiques dont tous les éléments anatomiques sont le siège, puisse prolonger pendant quelques temps leur vitalité. Ainsi que l'a dit M. Ch. Richet, plus un tissu consomme vite, plus vite il meurt (3). Mais on ne voit pas aussi bien comment le froid peut empêcher l'influence habituelle du traumatisme sur la moelle. La question mérite qu'on s'y arrête un instant. Nous avons cru pouvoir y répondre en admettant que cet agent supprime ou diminue les effets inhibitoires de l'opération.

La théorie de l'inhibition appliquée à l'arrêt de la respiration qui suit la section du bulbe n'est, nous le savons bien, qu'une hypothèse; mais pour certains phénomènes physiologiques, tels que l'arrêt du cœur par l'excitation du bout périphérique du nerf vague ou l'arrêt de la respiration par excitation de son bout central, elle est acceptée sans contestation. C'est donc dans ces derniers phénomènes que nous devons prendre nos points de comparaison. Or, la façon dont ils sont influencés par le froid concorde bien avec notre manière de voir. Luchsinger a vu que les excitations les plus fortes du pneumogastrique n'arrêtent plus un cœur de grenouille refroidi (4). Horwath a signalé le même fait chez des lapins dont la température avait été considérablement abaissée (5) et tout récemment M. Gley a rapporté à la Société de Biologie le résultat d'expériences semblables (6). M. Fr. Frank avait déjà dit qu'à une température assez basse l'excitabilité du nerf vague s'atténue au point que les excitations, efficaces au début pour arrêter le cœur, ne produisent plus qu'un ralentissement peu marqué : en même temps la période d'excitation latente s'exagère beaucoup (7). Signalons cependant ici que la suppression complète de l'influence modé-

(1) (Système nerveux, t. II et Leçons sur la chal. animale pass.)
(2) Bullet. de la Soc. philomath. 1849, p. 117.
(3) Physiol. des muscles et des nerfs, p. 719.
(4) *Arch. de Pflug.*, 1881, t. 25, p. 215.
(5) *Wien. méd. Wochenschr.*, 1870.
(6) Bull. de la Soc. de Biol., 1885, p. 548.
(7) Bull. de la Soc. de Biol., 1883, p. 116.

ratrice du pneumogastrique, facile à observer chez le lapin d'après les expériences de Horwath et de Gley, s'obtient beaucoup plus difficilement chez le chien. M. Meyer a constaté que chez cet animal, l'excitation du nerf vague était encore efficace, même quand la température avait été abaissée à 17°, mais l'intensité du courant devait être très forte (1). Toujours est-il que l'excitabilité de l'appareil inhibiteur du cœur est notablement diminuée chez les animaux refroidis et peut même avoir disparu entièrement.

De même l'influence inhibitrice des fibres centripètes du pneumogastrique sur la respiration se trouve sinon abolie, du moins atténuée dans les mêmes conditions : s'il est vrai comme l'a dit M. Gley et comme nous l'avons vu nous-même, que l'excitation du bout central a encore ses effets habituels, il est nécessaire d'employer, pour les obtenir, des courants très intenses.

L'ensemble des données précédentes conduit donc à cette conclusion générale que le refroidissement supprime ou réduit les phénomènes d'inhibition. C'est ainsi qu'il permet à la respiration de revenir immédiatement ou plutôt de continuer malgré l'ablation du bulbe. De là on peut aussi inférer indirectement que chez les animaux non refroidis c'est bien un phénomène d'arrêt qui empêche ou retarde le retour de l'activité médullaire.

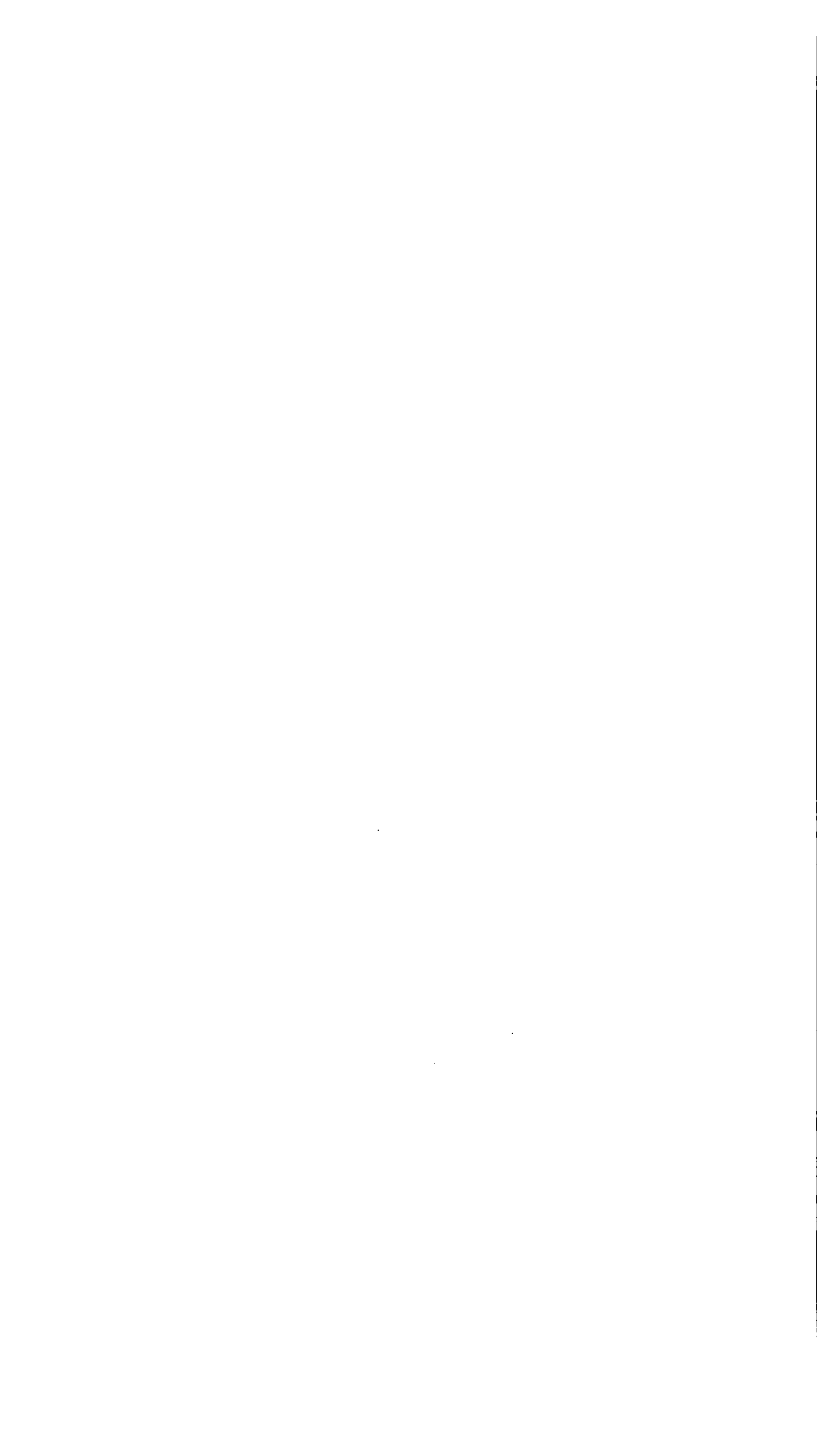
Nous devons encore nous demander comment le froid peut agir dans le sens que nous venons d'indiquer. L'inhibition suppose, d'après les idées de Brown-Sequard, une irritation partant du lieu de la section et allant agir à distance, dans le cas particulier qui nous occupe, sur les centres respiratoires médullaires situés plus bas. Si cet effet ne se produit plus chez les animaux refroidis, c'est sans doute, d'après l'hypothèse la plus plausible, que la substance grise est devenue moins excitable, et par conséquent moins impressionnable aux influences d'arrêt, et que très probablement aussi les voies qui servent à transmettre ces dernières ont perdu de leur conductibilité et de leur excitabilité. Il est vrai que Tarchanoff (2) et Freusberg (3) prétendent avoir constaté chez les grenouilles soumises à l'action du froid une

(1) Th. de Lille., 1886.
(2) *Bull. de la Soc. de Biol.*, 1875, p. 217; *id. ibid.*, p. 329.
(3) Arch. de Pflüger, 1875.

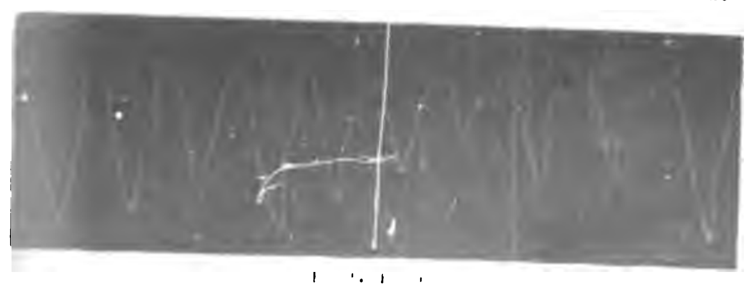
augmentation de l'activité reflexe de la moelle. Mais cette observation, comme le fait remarquer M. Ch. Richet (1), a une apparence paradoxale qui n'est pas en harmonie avec tout ce que l'on sait des effets de la chaleur et du froid sur les phénomènes vitaux. Le fait signalé par Tarchanoff est peut-être vrai pour les batraciens, bien qu'il ne soit pas difficile de citer des expériences tout à fait contraires, et empruntées également à la physiologie des animaux à sang froid (2). Mais la façon dont s'accomplissent toutes les grandes fonctions chez les mammifères refroidis artificiellement ou bien en état d'hibernation, suffirait à démontrer que l'activité des centres nerveux est tombée à son minimum. L'expérience directe prouve du reste que le refroidissement empêche les convulsions dues à la strychnine ou à l'asphyxie (Kunde, Horwath) (3).

Notre hypothèse est donc d'accord avec les faits, et c'est très probablement la diminution de l'excitabilité des centres spinaux qui les empêche de se ressentir des effets immédiats du traumatisme: mais à peine séparés du bulbe, par cela même qu'ils sont soustraits à l'influence de cet organe, leur activité s'exagère, du moins dans les limites compatibles avec l'abaissement de température : les conséquences de la section de la moelle font alors plus que compenser celles du refroidissement, ainsi que nous l'ont montré les caractères de la respiration spinale. Un autre phénomène très curieux que l'on observe quelquefois chez ces animaux refroidis et qu'on peut rapprocher du retour rapide des mouvements respiratoires, c'est un état d'agitation continuelle du tronc qui s'établit aussitôt après la division de la moelle. En voyant ainsi le corps presque tout entier animé non pas de convulsions, mais de mouvements en tous sens, on ne se douterait pas, si l'on n'en était prévenu, qu'il n'obéit plus à l'impulsion cérébrale, surtout si l'on songe à cette immobilité absolue qui est de règle après l'opération dans les conditions ordinaires. Brown-Sequard a décrit cette même agitation qu'il qualifie très justement d'agitation pseudo-volontaire, chez les chats nouveau-nés que l'on a décapités.

(1) *Loc. cit.*, p. 729.
(2) Ch. Richet, *loc. cit.*, p. 730.
(3) Cités par Landois, *Lehrb. der physiol.*, p. 742 et 423.



[illegible] les mouvements respiratoires [illegible] se rapprochent autant du type normal que dans [illegible] particulier. Cependant l'absence du bulbe se traduit [illegible] par leur fréquence plus grande et à certains moments [illegible] l'interposition d'inspirations plus superficielles, comme le [illegible] la figure 14. Plus tard, la respiration devient plus irré[illegible] et entremêlée de contractions des muscles abdominaux.



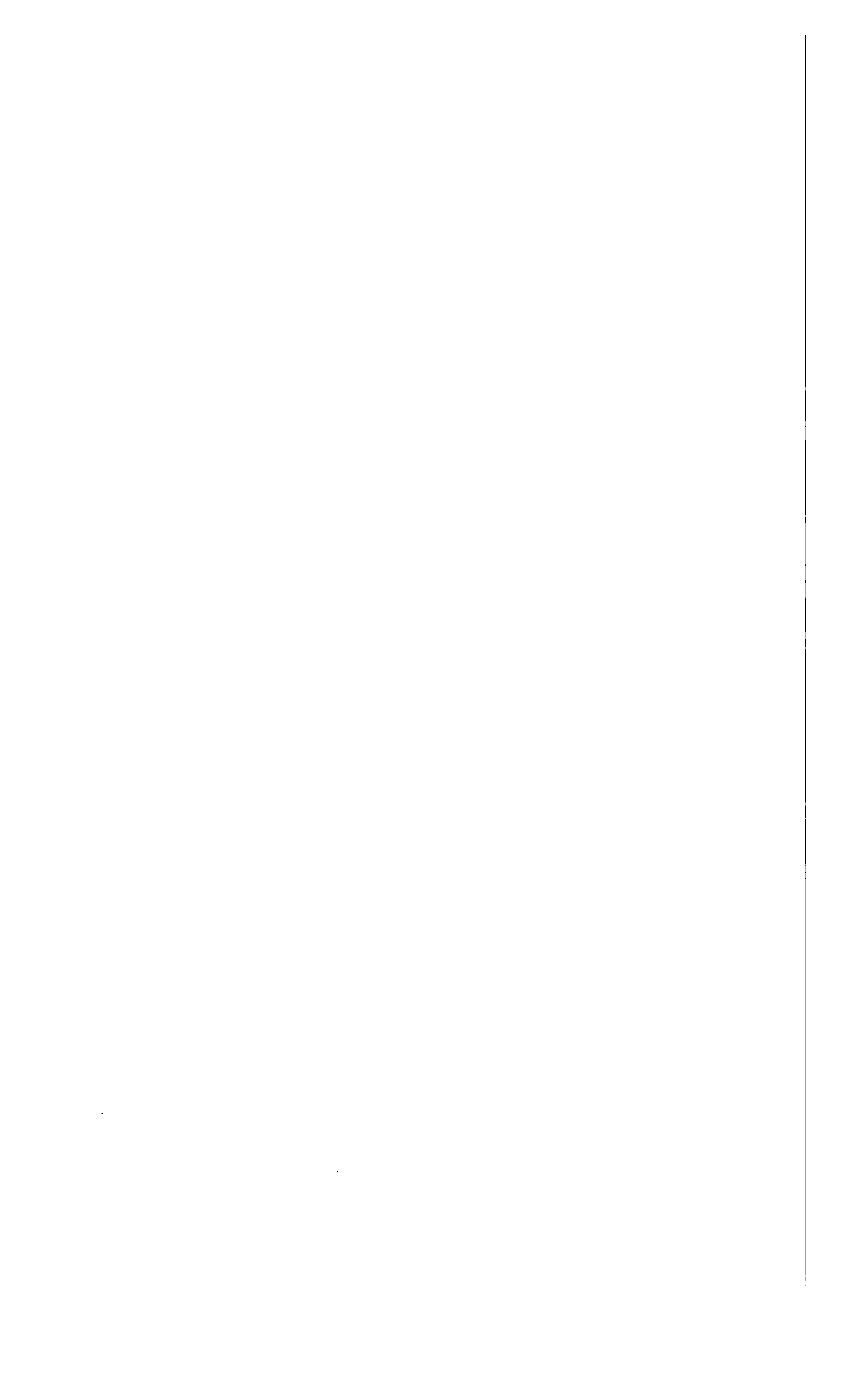
[illegible]

[illegible] que Chauveau a montré, il y a quelques [illegible] que chez les chiens choréiques, les mouvements [illegible] des membres continuent encore après la section de la [illegible] entre l'atlas et l'axis, le fait précédent ne surprendra [illegible]. Car les centres respiratoires spinaux participent sans [illegible] à l'augmentation d'excitabilité de tout l'axe gris.

[illegible] — Effets produits par les excitations des nerfs centripètes sur les mouvements respiratoires du tronc après la section de la moelle cervicale.

L'influence des excitations centripètes sur la respiration spi[illegible] nous a paru devoir attirer l'attention d'une manière toute [illegible]ulière. Car outre que les effets obtenus devront être étu[illegible] pour eux-mêmes, ils pourront de plus être comparés à ceux

[illegible]



Nous avons déjà signalé plus haut l'analogie que présente, au point de vue du rétablissement rapide de la respiration, les animaux nouveau-nés et les adultes dont la température a été abaissée. En se rappelant la facilité avec laquelle les premiers se refroidissent, on serait tenté de trouver là une explication très simple de cette analogie. Cependant d'autres conditions encore doivent intervenir, et il faut tenir compte aussi des propriétés du système nerveux variables avec l'âge et l'espèce animale. Il est remarquable, en effet, que les oiseaux qui ont précisément, comme on sait, la température la plus élevée, peuvent continuer immédiatement après l'ablation de la moelle allongée, à exécuter les mouvements respiratoires, comme il résulte des observations de Brown-Sequard déjà citées dans une autre partie de ce travail (1) : de même ils ont encore après la décapitation des mouvements rhythmiques énergiques et assez prolongés des ailes.

5° *Appendice. — Retour immédiat de la respiration chez un chien choréique.* — Nous avons cherché à montrer que chez les animaux refroidis c'est la dépression des centres nerveux qui met obstacle aux effets ordinaires du traumatisme. Mais une autre cause, toute contraire, peut amener au même résultat : l'activité de la substance grise peut être tellement exagérée que l'inhibition n'a plus prise sur elle.

Bien que ces deux mécanismes paraissent tout à fait contradictoires, des exemples positifs, empruntés encore à la physiologie du nerf inhibiteur par excellence, en démontrent la réalité. Le froid, comme nous l'avons vu, supprime l'influence d'arrêt du pneumogastrique, et ce cas rentre dans la catégorie de ceux que nous avons examinés dans le paragraphe précédent, mais il en est encore de même lorsque la température du cœur est artificiellement élevée, comme l'ont signalée Lépine et Tridon (2), Schiff (3). Pour expliquer ces effets de la chaleur, Ludwig et Luchsinger (4) ont invoqué avec raison une augmentation d'excitabilité des centres moteurs intra-cardiaques qui les empêche de répondre à l'action modératrice du nerf vague.

(1) Brown-Sequard, *Journal de la Physiologie*, 1860, p. 153.
(2) *Soc. de biol.*, 1876.
(3) Acad. de Lyncei, 1879.
(4) *Loc. cit.*, p. 219.

Cette même condition s'est évidemment trouvée réalisée dans une de nos expériences qui mérite une mention particulière. Il s'agit d'un chien adulte, le seul que nous ayons vu respirer immédiatement après la section de la moelle, sans qu'il eût été refroidi au préalable. Mais cet animal présentait des mouvements choréiques qui, tout en étant peu violents, persistèrent cependant après l'opération. Voici le tracé (fig. 14) pris aussitôt chez ce chien. Il est rare de voir les mouvements respiratoires d'origine spinale se rapprocher autant du type normal que dans ce cas particulier. Cependant l'absence du bulbe se traduit encore par leur fréquence plus grande et à certains moments par l'interposition d'inspirations plus superficielles, comme le montre la figure 14. Plus tard, la respiration devient plus irrégulière et entremêlée de contractions des muscles abdominaux.

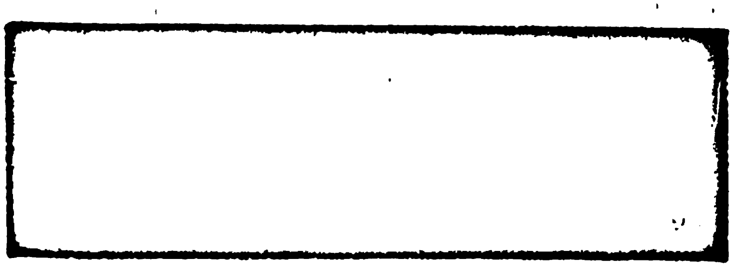


Fig. 14. Exp. 6.

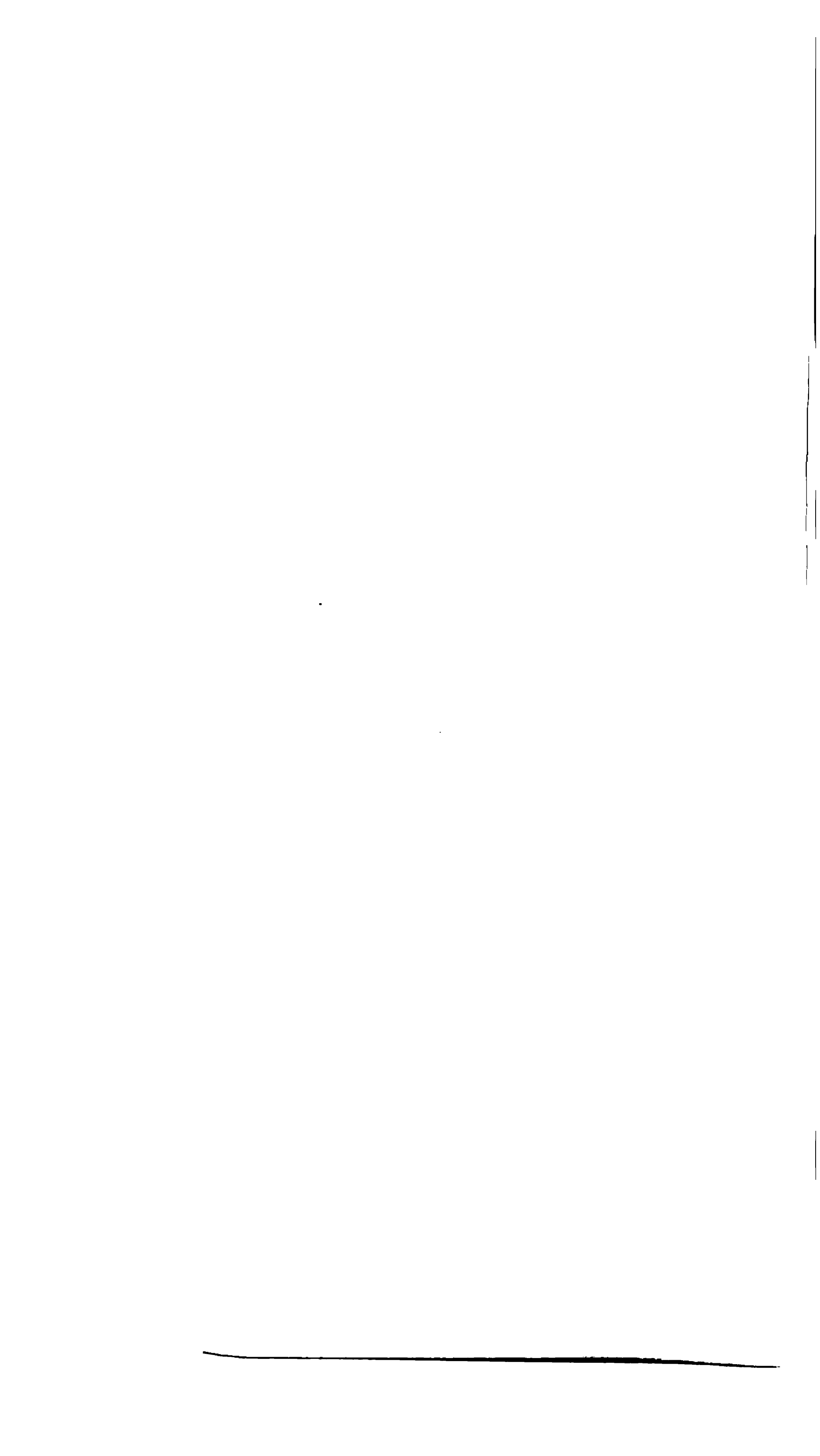
Si l'on se rappelle que Chauveau a montré, il y a quelques années déjà (1), que chez les chiens choréiques, les mouvements convulsifs des membres continuent encore après la section de la moelle entre l'atlas et l'axis, le fait précédent ne surprendra point. Car les centres respiratoires spinaux participent sans doute à l'augmentation d'excitabilité de tout l'axe gris.

II. — Effets produits par les excitations des nerfs centripètes sur les mouvements respiratoires du tronc après la section de la moelle cervicale.

L'influence des excitations centripètes sur la respiration spinale nous a paru devoir attirer l'attention d'une manière toute particulière. Car outre que les effets obtenus devront être étudiés pour eux-mêmes, ils pourront de plus être comparés à ceux

(1) *Gaz. méd. de Lyon*, 1864. — Legros et Onimus, *Journ. de l'anat. et de la physiol.*, 1870.





qui résultent de l'action de ces mêmes nerfs, quand le bulbe est intact et aussi à ceux que produit l'irritation du pneumogastrique dans les conditions normales.

Dans nos expériences, nous avons agi le plus ordinairement sur le bout central du sciatique; quelquefois sur celui d'une des branches du plexus brachial. Nous avons eu recours surtout à l'excitant électrique et au courant induit (chariot de du Bois-Reymond, 2 éléments Daniell, signal de Deprés).

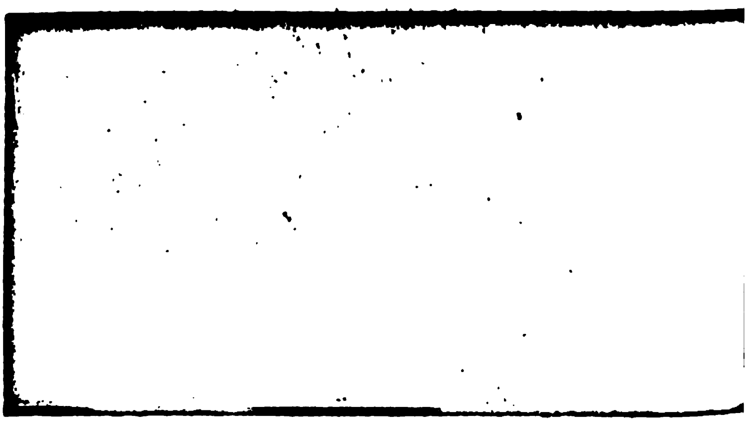


Fig. 15. Exp. 12. — Respiration. — Signal Deprez.

On commençait par déterminer l'excitation minimum nécessaire pour obtenir un effet quelconque, puis la bobine secondaire était graduellement rapprochée de la primaire, de façon à saisir les modifications liées aux variations d'intensité du courant.

Nous avons aussi examiné comparativement l'effet des excitations mécaniques de la peau et des muqueuses (pression, pincement, chatouillement, etc.)

Puisque les mouvements respiratoires du tronc ont leur centre dans la moelle, il était évident *à priori* qu'on pouvait les influencer en agissant sur les nerfs sensibles.

Langendorff, qui ne s'est pas occupé spécialement de ce sujet, a cependant reproduit deux tracés provenant l'un d'un chat âgé de 2 jours, l'autre d'un lapin âgé d'un mois chez lesquels le pincement d'une patte produisait un arrêt en inspiration : mais ces animaux avaient été tous deux strychninisés. Plus tard, un élève de Langendorff, Max Joseph (1), sur le travail duquel nous

(1) Inaugur. Dissert. Koenisberg, 1883.

aurons encore à revenir, mesura le temps qui s'écoule entre le moment d'une excitation periphérique et le début du mouvement ainsi provoqué. Opérant sur des lapins âgés de 2 à 4 mois, il obtenait une inspiration, quelquefois une série d'inspirations reflexes, ainsi que Langendorff l'avait déjà constaté chez des nouveaux-nés qui n'avaient pas reçu de strychnine. Le choix de l'animal, dans les expériences de M. Joseph, nous explique pourquoi les réactions étaient toujours aussi simples.

Les résultats de nos observations sont au contraire très complexes, ainsi que peut le faire prévoir le caractère des mouvements que nous avons décrits. Nous avons obtenu en effet à la suite des excitations centripètes des phénomènes bien distincts, tantôt de mouvement, c'est-à-dire des inspirations et des expirations actives, des arrêts prolongés (1) dans l'une ou l'autre position, de l'accélération de la respiration, tantôt au contraire de l'inhibition, c'est-à-dire le ralentissement et la suspension complète de tout mouvement.

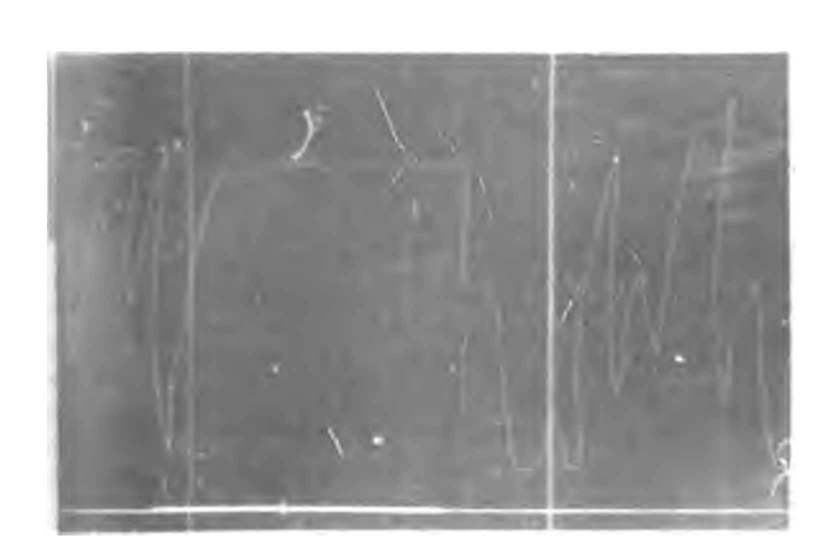
Mais ces effets ne s'obtiennent pas indifféremment chez les mêmes animaux : ce qui complique en effet cette étude c'est le degré d'excitabilité de la moelle qui tantôt dépasse la normale, comme il arrive d'ordinaire à la suite de la section, tantôt au contraire reste en dessous, à cause de l'influence prolongée du traumatisme. Il faut donc avoir soin de ne comparer entre eux que les faits identiques.

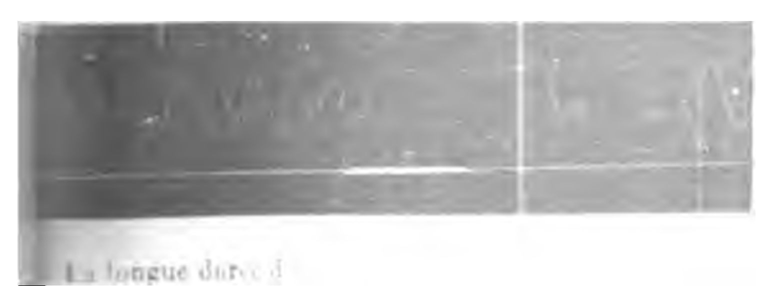
1° Nous considérons d'abord les cas types, ceux dans lesquels la respiration se caractérise par sa grande fréquence et dans lesquelles par conséquent l'activité des centres spinaux semble portée à son maximum.

Dans ces conditions, le résultat à peu près constant de l'excitation, c'est l'arrêt de tout mouvement respiratoire pendant le passage du courant.

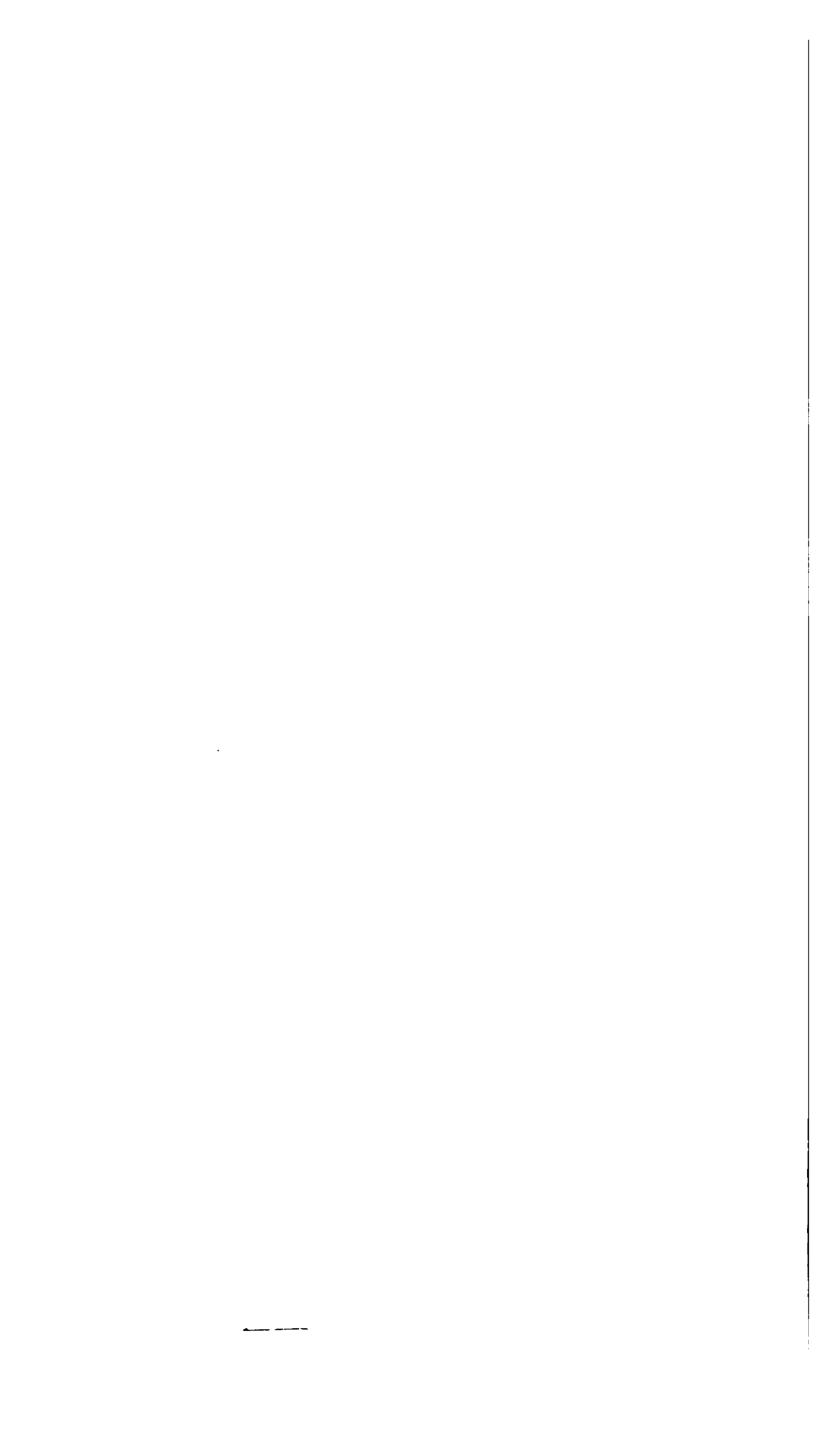
Nous donnons ici, comme exemples, les figures 15 et 16 pro-

(1) Il n'est pas hors de propos de faire remarquer que le terme d'arrêt en inspiration prête à confusion. Cette dénomination de phénomène d'arrêt a une signification bien déterminée : il s'agit d'une suspension de l'activité de certains organes qui se produit sous l'influence du système nerveux. Or, l'arrêt en inspiration n'est évidemment qu'une contraction prolongée du diaphragme liée elle-même à une excitation persistante. Le mot « arrêt » a donc l'inconvénient de faire croire à un phénomène d'inhibition, alors que c'est ici un phénomène tout contraire qui se produit. Il devrait être réservé au retour et à l'arrêt en expiration passive.





La longue durée d



est sujet à trop de variations; mais, ordinairement, une inspiration complète a encore le temps de s'accomplir avant qu'on n'obtienne la suspension des mouvements. Si l'on n'était prévenu, on pourrait supposer que le premier effet produit par le passage du courant est une inspiration profonde dans les cas, par exemple, où de grands mouvements alternant avec d'autres beaucoup moins amples, l'un d'eux se produit au début de l'excitation, non pas à cause d'elle, mais malgré elle (fig. 18).

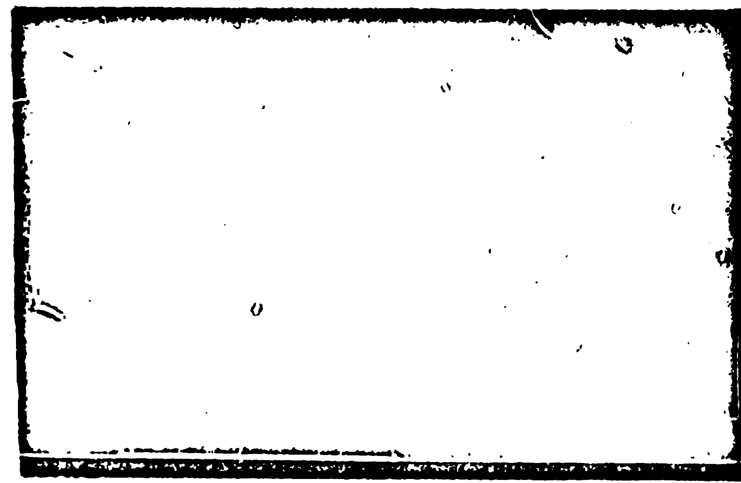


Fig. 18. Exp. 14.

En effet, lorsque ces mouvements ont une plus grande régularité, on voit bien que l'inspiration qui précède l'arrêt n'est pas modifiée dans ses caractères, au début de l'excitation (fig. 18 bis).

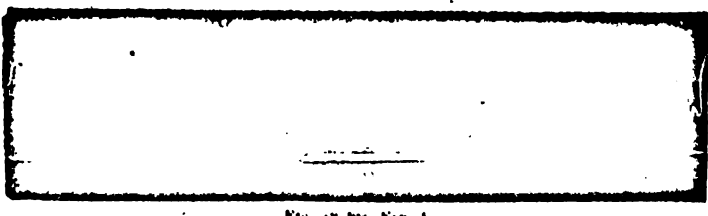
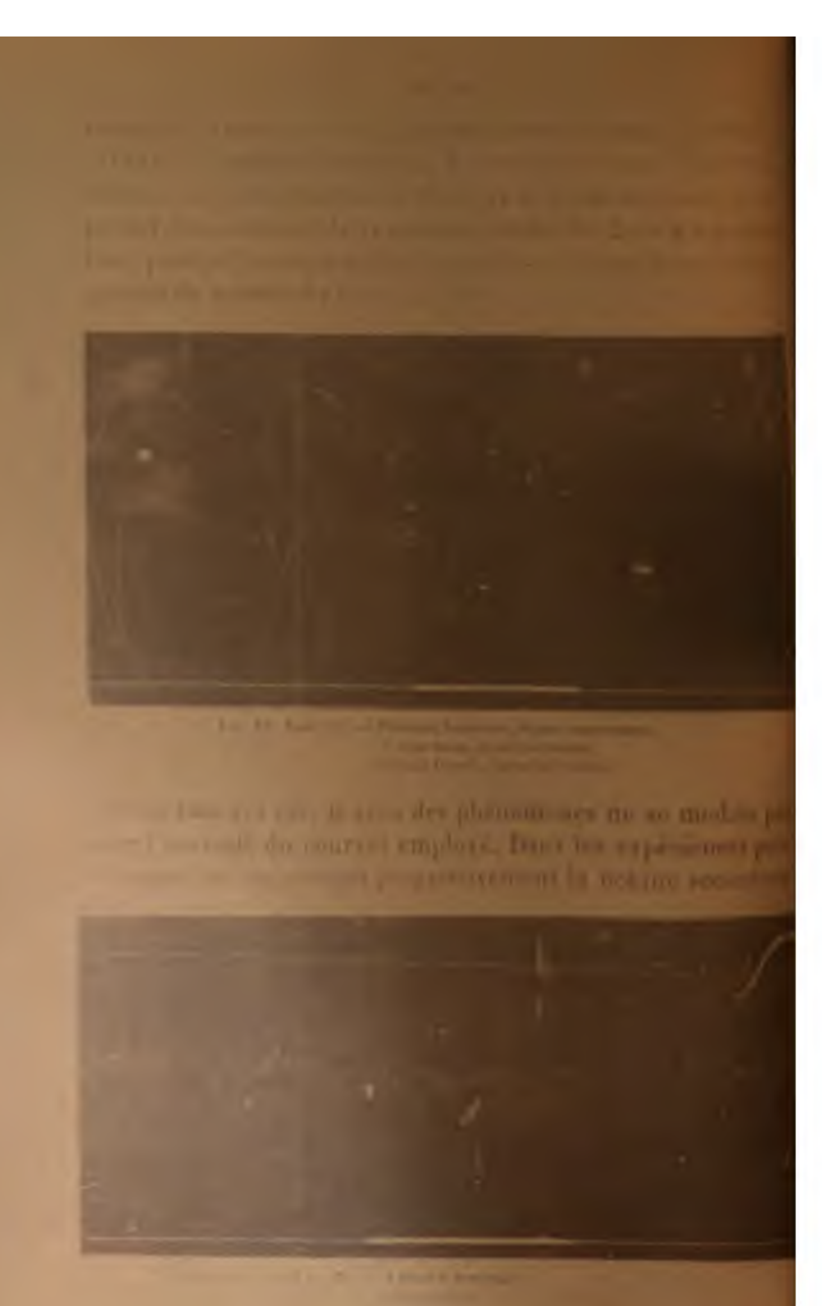


Fig. 18 bis. Exp. 4.

La longue durée de la période latente, en désignant sous ce nom le temps compris entre l'excitation d'un nerf sensible et l'effet produit, ne tient sans doute pas à un ralentissement dans la transmission centripète; c'est le processus central nécessaire pour faire passer les cellules ganglionnaires de cet état de

[illegible]



[illegible]

[illegible] des phénomènes ne se modifie pa[illegible] [illegible] du courant employé. Dans les expériences [illegible] [illegible] progressivement la bobine secondair[illegible]

[illegible]

[illegible] un effet qu[illegible] [illegible] sinon une [illegible]



[illegible] de la respiration [illegible]
spiration, c'est-à-dire [illegible] ou en [illegible]
contraction prolongée des muscles [illegible]
des mouvements [illegible]
nous en [illegible]

suractivité à un repos complet qui nous rend compte de ce retard.

Chez les animaux refroidis, les résultats sont souvent les mêmes; on peut arriver aussi chez eux de la même façon, à supprimer les variations de la pression trachéale dues à la respiration, pour ne laisser persister que celles qui sont liées au changement de volume du cœur (fig. 19).

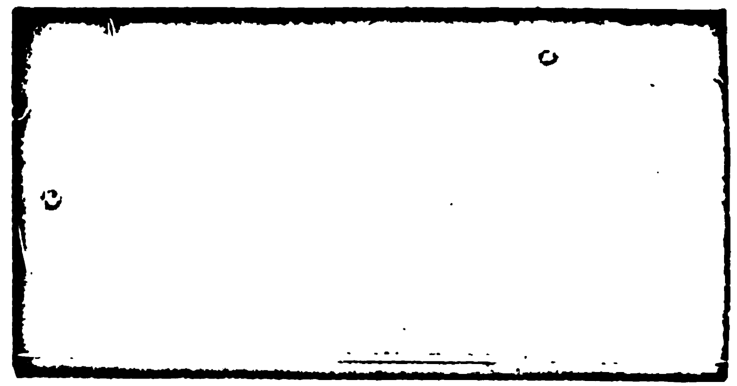


FIG. 19. EXP. 57. — Pression fémorale, ligne supérieure.
Respiration, ligne moyenne.
Signal Deprès, ligne inférieure.

Pour tous ces cas, le sens des phénomènes ne se modifie pas avec l'intensité du courant employé. Dans les expériences précédentes, on rapprochait progressivement la bobine secondaire

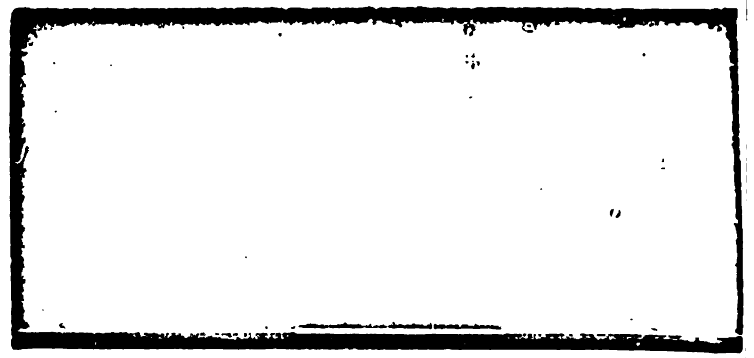


FIG. 20. EXP. 74. — Pression fémorale.
Respiration.
Signal Deprès.

de la primaire jusqu'au moment où l'on constatait un effet quelconque, et le premier obtenu était toujours, sinon une suspen-

sion complète, au moins une diminution d'amplitude, ou bien encore un ralentissement des mouvements spontanés. C'est ainsi que pour le tracé de la figure 20, la bobine induite n'est arrivée qu'au n° 25 du chariot; cependant, ce n'était ordinairement que vers le n° 12 ou 10 qu'on déterminait un arrêt complet, et celui-ci se reproduisait ensuite constamment, quel que fût le degré de rapprochement des deux bobines.

Une forte pression de la peau des pattes postérieures ou des muqueuses est également efficace (fig. 21). En A, on a pincé vigoureusement la pulpe d'un orteil.

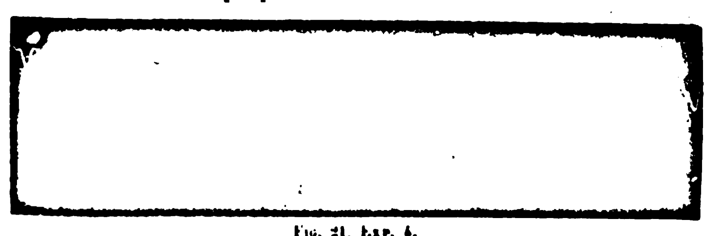
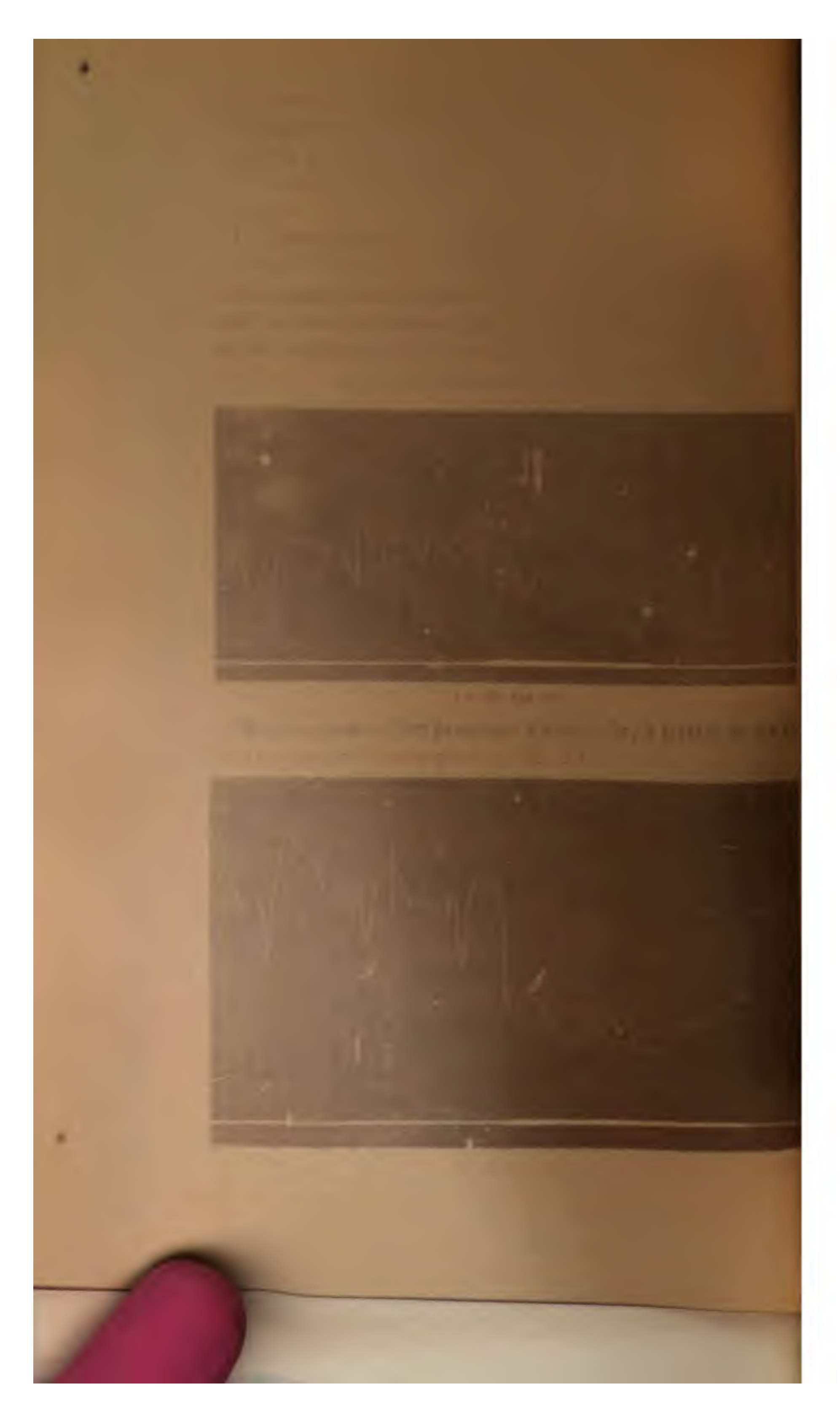


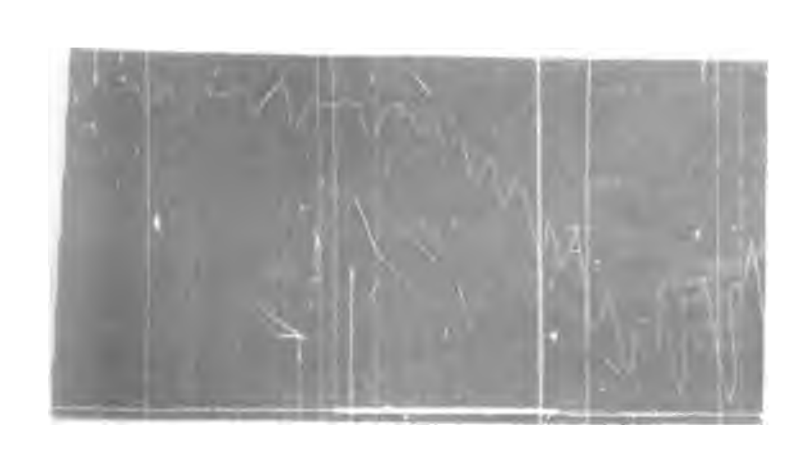
FIG. 21. EXP. 4.

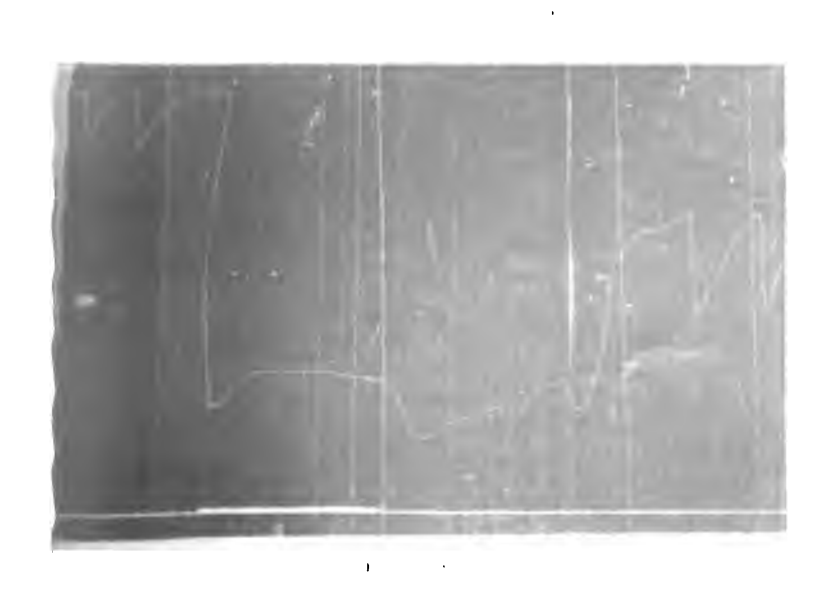
Nous trouvons dans ces expériences un nouvel exemple très remarquable de l'influence qu'exercent les excitations centripètes sur la modération des mouvements, soit reflexes, soit automatiques. Elles rappellent entièrement certains faits observés par Goltz (1) et Brown-Sequard (2). On sait en effet que Goltz a vu les contractions rhythmiques des sphincters de l'anus et de la vessie, qu'il déterminait par la section de la moelle lombaire, s'arrêter toutes les fois qu'il excitait, avec de forts courants induits, la peau de la patte postérieure. Brown-Sequard a pu inhiber dans les mêmes conditions, et par le même mécanisme, les mouvements des sphincters du vagin.

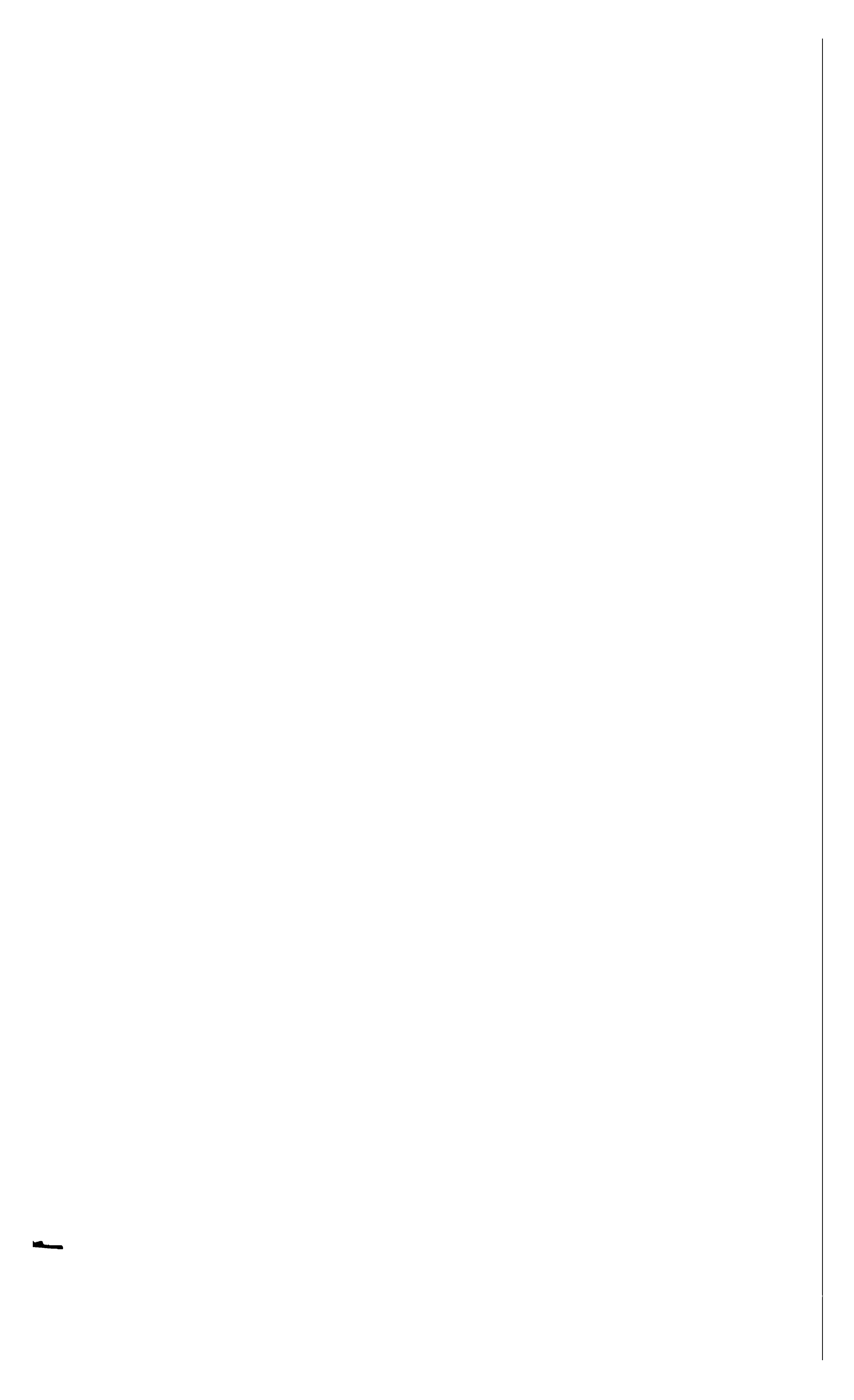
2° Dans un deuxième ordre de faits, l'excitation électrique produit des effets plus variés : c'est tantôt une augmentation d'amplitude ou de fréquence de la respiration, tantôt un arrêt en inspiration, c'est-à-dire un tétanos du diaphragme, ou encore une contraction prolongée des muscles abdominaux, quelquefois même des mouvements simultanés d'inspiration et d'expiration, comme nous en fournirons des exemples. Mais tous les cas de cette catégorie ont ceci de commun, que l'excitant renforce les mouvements spontanés, au lieu de les arrêter comme dans les

(1) *Arch. de Pfluger*, 1874, p. 480.
(2) *Soc. de Biologie*, juin 1880.









expériences précédentes. C'est ce qui s'observe surtout quand leur fréquence est moins exagérée qu'à l'ordinaire, quand ils sont peu profonds, en un mot quand l'activité de la moelle paraît avoir atteint un degré moindre que dans les cas décrits plus haut.

Les phénomènes observés dans ces conditions se modifient avec l'intensité du courant, tout en gardant toujours la même signification. Dans l'expérience suivante, par exemple, les courants moyens déterminent d'abord un abaissement plus marqué du diaphragme, qui continue néanmoins à exécuter une série d'oscillations rhythmiques (fig. 22).

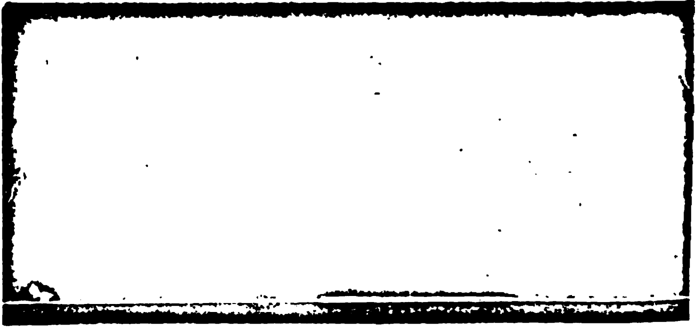


FIG. 22, EXP. 60.

Mais un courant fort provoque à coup sûr, à partir du n 8 du chariot, un arrêt en inspiration (fig. 23).

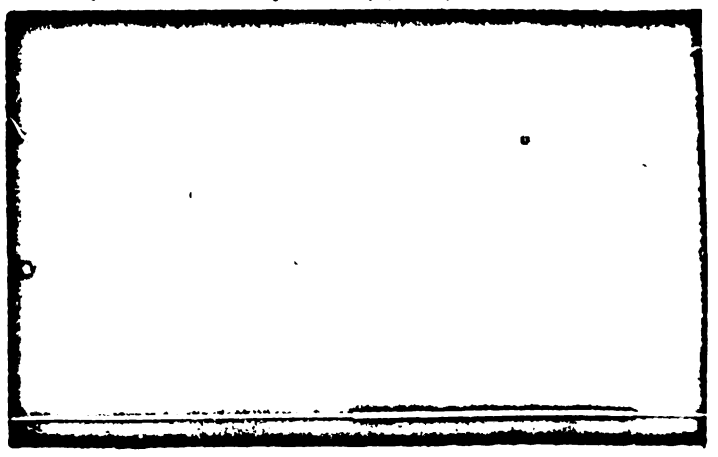


FIG 23. EXP. 60.

Voici un autre exemple du même genre dans lequel, sous l'influence du courant moyen, les petits mouvements du diaphragme augmentent de fréquence, pendant que ce muscle prend une position d'inspiration profonde (fig. 24).

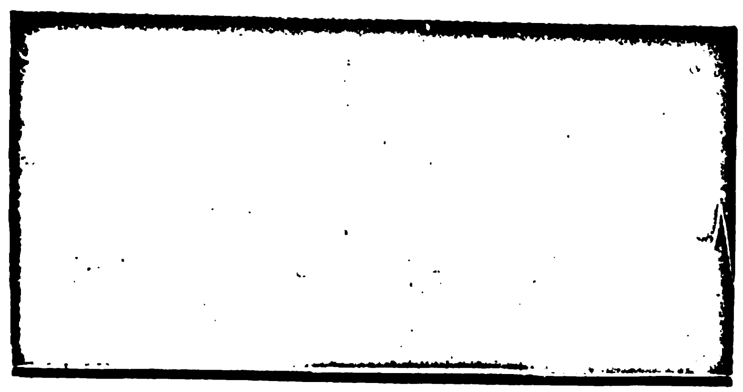


FIG. 24. EXP. 16.

Avec un courant fort, tétanos inspiratoire qui persiste longtemps après que l'excitation a cessé (fig. 25).

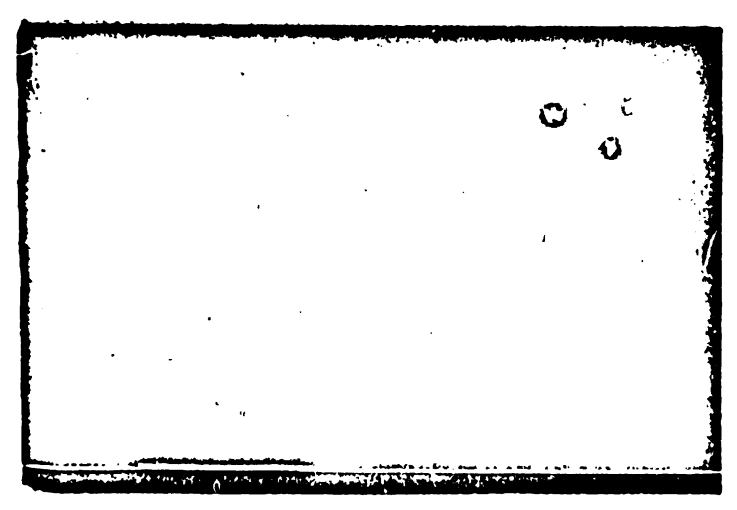


FIG. 25. EXP. 16.

Dans l'expérience suivante, succession semblable des phéno-







mènes : avec une excitation d'intensité moyenne, les mouvements prennent plus d'amplitude (fig. 26).

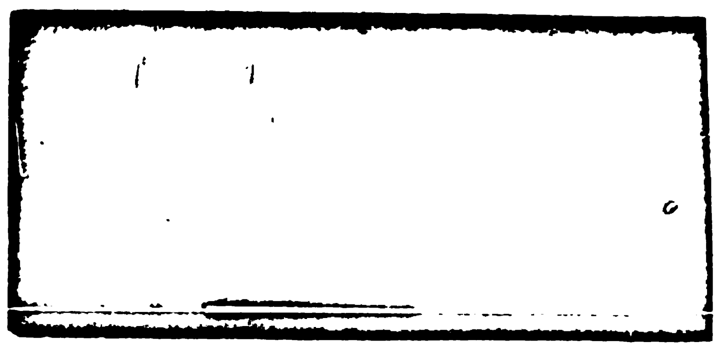


Fig. 26. Exp. 32.

Puis, quand on renforce le courant, on voit le diaphragme s'abaisser progressivement (fig. 27).

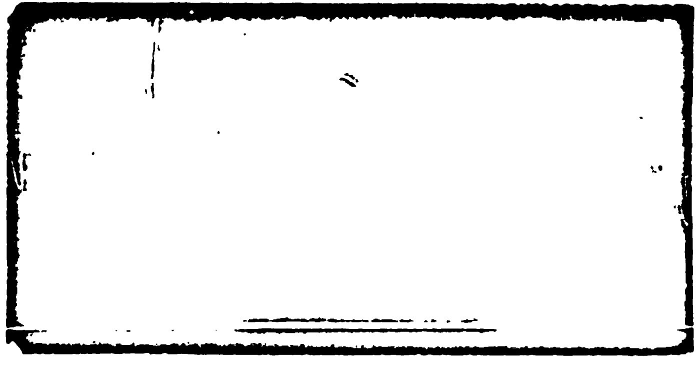


Fig. 27. Exp. 32.

Ces résultats se compliquent fréquemment de l'intervention des muscles abdominaux. Il arrive assez souvent que des courants moyens produisent des effets inspiratoires, les courants forts au contraire des contractions tétaniques des muscles abdominaux, c'est-à-dire des arrêts en expiration active (fig. 28).

Enfin, un type assez commun, c'est celui dans lequel le passage du courant, quelque soit son intensité, produit une inspiration plus profonde, suivie immédiatement d'une contraction

prolongée des muscles expirateurs, ainsi qu'on peut le voir figure 29, en A ; du n° 25 du chariot jusqu'au 0, l'effet demeura

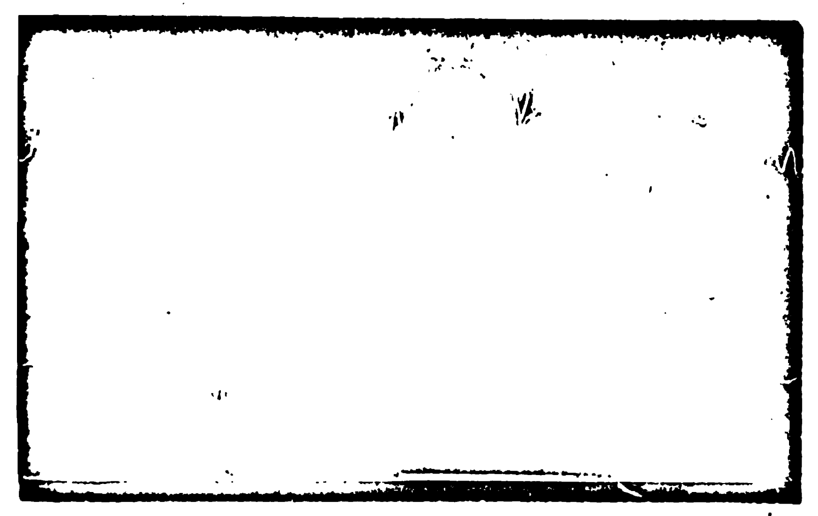


Fig. 28. Exp. 83. Respiration : pression fémorale ; ligne du signal.

toujours le même : mais en B, où pourtant l'excitation avait été de même intensité qu'en A (n° 20 du chariot), on remarque une particularité assez curieuse qui se rencontre quelquefois : c'est encore une inspiration suivie d'un tétanos des muscles abdominaux qui se produit, mais en même temps que ceux-ci restent contractés, le diaphragme exécute une série de contractions rhythmiques très fréquentes.

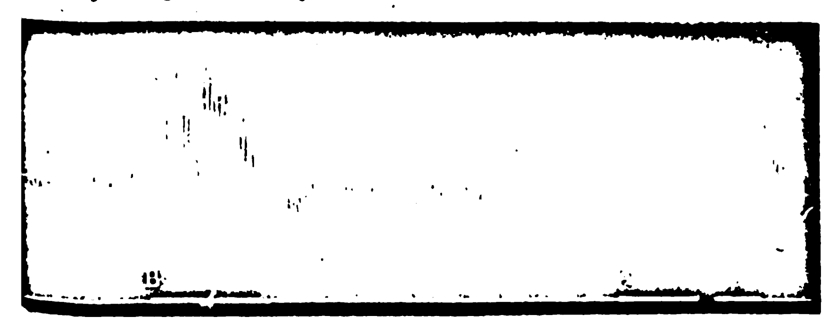


Fig. 29. Exp. 86.

Dans ces expériences, nous n'avons pas toujours agi exclusi-

vement sur le sciatique. Comme les origines de ce nerf sont rapprochées dans la moelle des noyaux qui servent de centres aux muscles abdominaux, on pouvait se demander, dans le cas où les effets expiratoires étaient plus marqués ou même prédominaient, si ceux-ci n'étaient pas dus à ce voisinage. Mais l'excitation comparative du bout central d'une des branches du plexus brachial produisait, avec un courant d'égale intensité, les mêmes résultats que l'excitation du sciatique. Il faut ajouter encore que dans cet ordre d'expériences, l'excitation mécanique donnait, quant à la nature des mouvements, des résultats beaucoup plus constants que le courant induit : c'était presque toujours une expiration active ou un tétanos expiratoire que l'on observait, alors même que l'excitant électrique provoquait exclusivement des réactions inspiratoires.

3° Nous ne nous arrêterons pas longtemps sur les cas de la troisième catégorie : ce sont ceux dans lesquels l'activité des centres spinaux n'est pas encore assez éveillée pour être spontanée ; il suffit alors d'exciter le sciatique par le courant induit, ou mieux encore de pincer la peau ou la muqueuse anale, préputiale ou vulvaire, pour déterminer un ou plusieurs mouvements respiratoires (fig. 30).



Fig. 30. Exp. 89.

Ces derniers faits ont déjà été signalés par Langendorff. Nous ferons remarquer seulement que, dans ces conditions, la réaction reflexe s'opère après un retard souvent considérable, qui se chiffre quelquefois par secondes.

Quand, à la fin d'une expérience, l'activité spontanée des centres spinaux paraît épuisée, on peut encore la réveiller de la même façon.

Enfin, si les mouvements rhythmiques des muscles abdomi-

naux s'inscrivent seuls ou à peu près, on peut aussi, par voie reflexe, provoquer ou renforcer l'action des centres inspirateurs.

Conséquences des expériences précédentes. — Dans les nombreuses expériences que nous avons faites pour arriver à déterminer nettement l'influence des excitations centripètes sur les mouvements respiratoires d'origine spinale, nous avions obtenu, à n'envisager chaque cas particulier, que des résultats si complexes qu'il nous paraissait d'abord impossible de trouver quelque règle générale qui pût s'appliquer à tous ces faits dans leur ensemble. Mais en rapprochant, comme on l'a vu, ceux qui sont comparables, on peut légitimement formuler la proposition suivante : l'activité des centres spinaux est-elle très forte, un excitant, appliqué à un nerf sensitif, l'arrête : est-elle plus faible, il la renforce; il la provoque si elle ne s'est pas encore manifestée spontanément.

La physiologie générale des centres nerveux, aussi bien que la physiologie particulière de l'innervation respiratoire, peut tirer quelque profit de ces observations. Il est intéressant de constater qu'une seule et même excitation peut produire sur un centre déterminé des effets diamétralement opposés, suivant les conditions d'activité de ce centre au moment où elle lui arrive.

Des faits de ce genre ont été à maintes reprises signalés par Brown-Sequard. Les conséquences de l'antagonisme, entre plusieurs excitations reflexes différentes, ont aussi été nettement exposées par M. Ch. Richet (1).

Récemment encore, Bubonoff et Heidenhain (2) ont rapporté des expériences qui ont, avec les précédentes, beaucoup d'analogie.

Chez un chien qui a reçu une dose déterminée de morphine, si l'on met par un moyen quelconque (excitation du centre cortical, excitation reflexe), le muscle d'une patte postérieure en état de contraction tonique, l'attouchement léger d'une patte, l'excitation très faible du sciatique ou même du centre cortical correspondant remet le muscle dans le relâchement.

Dans ces conditions, ce sont des mouvements toniques provoqués expérimentalement et probablement tous d'origine reflexe que l'on suspend ainsi par une irritation périphérique :

(1) *Physiol. des muscles et des nerfs*, p. 710, 1882.
(2) *Arch. de Pflüg.*, 1881, p. 137.



il en est encore de même dans les observations de Richet citées plus haut et dans celles de Schlosser (1). Dans les expériences de Goltz et de Brown-Sequard sur les mouvements des sphincters, et dans les nôtres ce sont au contraire des mouvements rythmiques, en apparence spontanés, et probablement automatiques qui sont ainsi inhibés. Mais en définitive, le mécanisme d'arrêt doit toujours être le même. Dire au juste quel il est n'est pas possible dans l'état actuel de nos connaissances. Avec Cl. Bernard, M. Ch. Richet compare l'inhibition au phénomène physique connu sous le nom d'interférence.

Bubonoff et Heidenhain ont émis l'hypothèse suivante : même à l'état normal, toute excitation d'un centre s'accompagne forcément d'un processus contraire et antagoniste qui tend à mettre fin au mouvement. L'excitant expérimental développera surtout dans la cellule ganglionnaire le processus le moins actif à ce moment, c'est-à-dire qu'à l'état de repos de la cellule, il renforce le mouvement moléculaire hypothétique qui donne lieu à l'excitation, à l'état d'activité de la cellule, il renforce, au contraire celui qui provoque l'inhibition.

Quoi qu'il en soit de la théorie, il est certain qu'avec une même excitation nous pouvions, dans nos expériences, ramener au repos les centres spinaux quand ils paraissaient très actifs, ou les faire entrer en action quand ils étaient au repos. Avec le même ordre de faits, concorde encore le suivant qui est intéressant. Quand les expirations actives prédominaient et s'enregistraient très fréquentes, l'excitation du sciatique, dans certains cas, les arrêtait et renforçait les inspirations (fig. 31).

Il y a cependant un point sur lequel nos expériences diffèrent de celles de Bubonoff et Heidenhain.

Dans ces dernières, l'excitation doit être très légère et ne pas dépasser une certaine limite si l'on veut obtenir le relâchement du muscle contracté ou bien l'on est exposé à renforcer le mouvement. Dans les nôtres, au contraire, une grande intensité de l'excitant est une condition de réussite : il en est encore de même quand on veut arrêter le sphincter de l'anus ou celui du vagin, comme l'ont vu Brown-Séquard et Goltz. Cette différence tient-elle peut-être à la nature des mouvements dans les deux

(1) *Arch. f. Physiol.*, 1890, p. 303.

cas : tonique dans l'un, rythmique dans l'autre? Nous ne pouvons que la signaler.

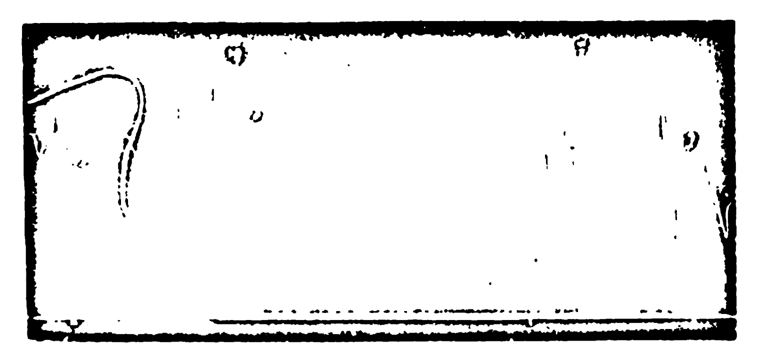


FIG. 31. EXP. 11.

Au point de vue particulier de l'innervation des muscles respiratoires, l'inhibition de ces derniers par un nerf tel que le sciatique mérite qu'on s'y arrête. Ce phénomène équivaut, en effet, à l'arrêt en expiration passive que l'on peut provoquer de la même façon chez l'animal intact. Ceux qui pensent que toutes les excitations périphériques qui agissent sur la respiration sont centralisées dans le bulbe, admettent aussi que l'arrêt ainsi obtenu est dû à la mise en jeu d'un centre spécial, le centre expirateur, distinct du centre inspirateur. Mais, en supposant même que les excitations passent normalement par la moelle allongée, les expériences rapportées plus haut montrent que l'existence d'un centre expirateur n'est nullement nécessaire. Un noyau unique peut remplir toutes les fonctions qui ressortissent au bulbe. Raisonnons, en effet, par analogie : s'il y a bien dans la moelle des centres pour l'inspiration et des centres pour l'expiration active, on ne supposera sans doute pas qu'il s'y trouve un centre spécial qui préside à l'expiration passive. Et cependant, même après l'ablation du bulbe, nous obtenons par une irritation centripète tantôt un relâchement du diaphragme, tantôt une contraction de ce muscle. Il évident que, dans ces conditions, l'excitation du sciatique n'agit que sur un seul et même noyau, celui qui sert d'origine au phrénique. Nous pouvons étendre cette donnée importante à la physiologie du pneumogastrique : l'influence expiratrice de ce nerf a été mise

hors de doute par les travaux de Fr. Frank, Fredericq, Wagner, Langendorff, etc. La plupart des physiologistes s'accordent aussi pour admettre que l'expiration due au pneumogastrique est une expiration passive et que le vague renferme deux espèces de filets, les uns inspirateurs, les autres expirateurs, qui aboutissent à deux centres distincts. Mais l'exemple du sciatique montre que la variété des phénomènes observés après l'excitation du pneumogastrique peut s'expliquer avec l'hypothèse d'un seul et même ordre de fibres agissant sur un seul et même noyau.

Une autre conséquence des observations consignées dans ce chapitre, c'est que tous les effets déterminés par l'excitation des nerfs sensibles chez l'animal intact, peuvent encore s'observer après l'ablation de la moelle allongée et qu'ils n'ont pas besoin par conséquent de son intermédiaire pour se produire.

Sans doute, ils sont très complexes; mais dans le cas d'intégrité de la moelle allongée, la diversité des réactions respiratoires d'origine reflexe est tout aussi grande si l'on en juge par les descriptions des physiologistes qui se sont occupés de cette question.

D'après Schiff « l'excitation des nerfs des membres et de la queue accélère la respiration : celle des pattes antérieures chez certains lapins détermine un ralentissement dans l'expiration et un relâchement du diaphragme ; chez d'autres, le pincement d'une région quelconque de la peau amène le même résultat » (1). Chez des animaux non narcotisés, Rosenthal obtenait par les excitations électriques des mouvements alternatifs d'inspiration et d'expiration ; quand ils étaient narcotisés, il n'a pas observé de modifications bien notables de la respiration (2).

D'après Langendorff les irritations faibles des nerfs sensibles produisent des effets inspiratoires, les irritations fortes des effets expiratoires. Chez les animaux narcotisés, ou après l'extirpation du cerveau, des excitations mécaniques faibles déterminent souvent de l'accélération, plus souvent un tétanos inspiratoire, les excitations prolongées ou fortes, au contraire, un ralentissement (3). Dans les expériences de Gad, toute

(1) Cité par Markwald. *Die athembewegungen des Kaninchens*, p. 87, 1886.
(2) Handb. Hermann. *Physiol d. Athembew*, p. 252.
(3) Mittheilung. a. d. *Konigsb. phys. laborat.*, 1878, p. 33.

irritation du bout central du sciatique produisait constamment un tétanos expiratoire (1). M. Markwald enfin a obtenu des résultats très complexes suivant que l'animal était intact ou bien que la moelle allongée avait été sectionnée au-dessus du centre bulbaire soustrait ainsi à l'influence cérébrale (2).

A en juger par les expériences que nous venons de citer, il ne paraît donc pas que chez l'animal normal on puisse prévoir à coup sûr, d'après la nature ou l'intensité de l'excitant, quelle sera la modification imprimée aux mouvements respiratoires par l'irritation reflexe. Les effets observés, et c'est là où nous voulons en venir par cette comparaison, n'obéissent pas à une règle plus fixe que ceux que l'on produit chez l'animal privé de son bulbe. S'il en avait été différemment, on aurait pu opposer la constance des résultats dans l'un des cas à sa variété dans l'autre, et admettre que, chez l'animal intact du moins, les impressions venues de la périphérie sont centralisées et régularisées dans la moelle allongée avant de réagir sur la respiration.

Tout porte à croire, au contraire, que le centre du reflexe doit être le même soit avant, soit après l'ablation du bulbe, c'est-à-dire qu'il se trouve dans la moelle elle-même.

M. Joseph a cherché à résoudre cette question par le procédé suivant. Il mesure le temps qui s'écoule entre le moment de l'excitation du sciatique et l'inspiration qu'elle provoque, d'une part, chez un lapin intact, d'autre part chez l'animal à bulbe sectionné. Si le reflexe a son centre dans la moelle, la période d'excitation latente doit être la même dans les deux expériences; si normalement, au contraire, il a son siège dans le bulbe, elle devra être plus longue quand cet organe a été respecté. C'est la première alternative qui est la vraie et, le temps perdu n'est jamais plus considérable avant l'ablation du bulbe qu'après.

Les expériences de Nitschmann (3) parlent aussi dans le même sens. Lorsqu'on a sectionné sur la ligne médiane le calamus scriptorius et la moelle cervicale jusqu'au niveau de la première vertèbre dorsale, une excitation unilatérale du nerf pneumo-

(1) *Arch. f. Physiol.*, 1880, p. 14.
(2) *Loc. cit.*, p. 87.
(3) Beitr. z. Kenntniss d. Athmungscentrum. Arch. de Pflüger, 1885, t. 35.



gastrique, du trijumeau ou d'une des branches du plexus brachial, ne produit le ralentissement ou l'arrêt que de la moitié correspondante du diaphragme, tandis que les deux moitiés du muscle répondent simultanément à une irritation portée sur un seul nerf sciatique. En effet, l'opération a disjoint non seulement les centres spinaux du phrénique, mais encore les connexions qui, au niveau du calamus, assurent le fonctionnement synchrone des deux centres bulbaires; et l'on comprend ainsi facilement que lors de l'excitation du trijumeau, du pneumogastrique, ou d'un nerf du plexus brachial la réaction reste limitée à un seul côté. Si, au contraire, le diaphragme tout entier se contracte lors de l'excitation de l'un des sciatiques, c'est que celle-ci peut arriver directement aux deux noyaux des phréniques, par l'intermédiaire des filets sensitifs qui unissent les deux moitiés de la moelle au-dessous du niveau de la section. Cependant une objection se présente à cette manière de voir : rien ne prouve que l'excitation s'arrête aux centres spinaux et qu'elle ne remonte pas jusqu'aux deux centres bulbaires qui, bien que divisés sur la ligne médiane, sont restés en connexion avec les deux moitiés de la moelle cervicale.

Mais dans nos expériences il ne saurait y avoir de doute sur le centre du reflexe respiratoire; de plus, il est vraisemblable, d'après les arguments que nous avons invoqués plus haut, que normalement aussi l'impression périphérique suit le trajet le plus court et ne dépasse pas les centres médullaires. Il va sans dire que chez un animal non narcotisé, les effets se compliqueront de l'intervention de la sensibilité consciente.

Quelle est, en définitive, l'influence des nerfs de sensibilité générale sur la fonction respiratoire? Nous sommes loin aujourd'hui des idées de Volkmann et de Vierordt qui admettaient que l'activité des centres respiratoires a son point de départ dans les excitations reflexes émanées des nerfs sensibles et dues à la variation dans la composition du sang : il paraît bien prouvé, au contraire, que cette activité est automatique. Mais il pourrait rester aux nerfs cutanés une influence régulatrice qu'ils partageraient avec le pneumogastrique. Il est certain que l'excitation expérimentale de ces nerfs peut amener des réactions inspiratoires ou expiratoires entièrement semblables à celles que produit l'excitation du nerf vague. Cependant, on n'est pas en droit d'en conclure

pour cela qu'ils interviennent d'une façon constante dans le jeu normal de la fonction. Nos expériences tendent plutôt à prouver qu'ils ne sont pas en état d'assurer à la respiration son rhythme régulier : on a vu, en effet, ce que deviennent les mouvements respiratoires quand après la section du bulbe, il n'y a plus d'autre action régulatrice possible que celle qui émane des nerfs de sensibilité générale. A elle seule elle est inefficace, si tant est qu'elle s'exerce. Sous ce rapport, les faits que nous avons signalés peuvent servir de contre-épreuve à certaines expériences de M. Markwald, qui, en éliminant la presque totalité des nerfs du tronc et en laissant, au contraire, le pneumogastrique intact, ne voyait survenir aucun trouble de la respiration. Aussi sommes-nous porté à conclure que chez l'animal intact, les nerfs cutanés ne contribuent, sans doute, point à entretenir la régularité du rhythme respiratoire : mais accidentellement et à l'occasion d'excitations extérieures, ils modifient ce rhythme de diverses façons, en agissant directement sur les centres spinaux.

DOCUMENTS

POUR SERVIR

A L'HISTOIRE DES ÉCHINORHYNQUES

Par le Dr R. KOEHLER

Chargé d'un cours complémentaire de zoologie à la Faculté des sciences de Nancy.

(PLANCHES XXVIII ET XXIX.)

Mes recherches sur la structure des Échinorhynques datent déjà de quelques années. En 1884, j'avais entrepris l'étude des *E. angustatus* et *proteus*, si fréquents dans les Barbeaux de la Meurthe qu'il ne m'est jamais arrivé d'ouvrir l'intestin d'un de ces poissons sans y rencontrer de nombreux échantillons de parasites. Lorsque parut le mémoire de Saeftigen (1), j'abandonnai ces recherches, les résultats auxquels j'étais arrivé n'étant plus qu'une simple confirmation de faits fort bien observés par cet auteur.

J'avais en vain cherché à me procurer des *E. gigas* du porc, autrefois assez fréquents à en juger par le nombre considérable d'échantillons que Cloquet a pu recueillir dans les abattoirs de Paris, et qui paraissent fort rares maintenant. Depuis plusieurs années, il n'en a pas été trouvé un seul dans les porcs indigènes tués à l'abattoir de Nancy, tandis que ces parasites avaient été rencontrés en assez grande abondance chez des porcs étrangers, venant de Hongrie et de Pologne, qui y furent amenés vers 1870. Cette année, grâce à l'obligeance de M. Knoll, vétérinaire de l'abattoir de Saint-Dié, j'ai obtenu deux échantillons d'*E gigas*, un mâle et une femelle, trouvés dans des porcs venant de Gallicie, de la race des *ziskas*. Ces animaux, élevés en liberté et très sauvages, ont plutôt l'apparence de sangliers : on conçoit que les parasites soient plus fréquents chez des individus qui cherchent leur nourriture dans les prairies, ce qui n'arrive pas pour les porcs indigènes élevés à l'étable.

Je me suis surtout occupé de la structure des fibres muscu-

(1) Saeftigen. Zur Organisation der Echinorhynchen. *Morph. Jahrb.* X.

laires de l'*E. gigas* et des formations qui en dépendent. Dans son traité des parasites de l'homme, Leuckart a donné une excellente étude de cet Echinorhynque, mais il m'a paru n'avoir pas insisté suffisamment sur certains points de la structure de ces fibres et s'être mépris sur les caractères et les relations des canaux latéraux : mes observations sur ces formations spéciales à l'*E. gigas* se rapprochent beaucoup plus de celles de Schneider (1) dont Leuckart avait mis en doute l'exactitude.

Quelques échantillons d'*E. heruca* trouvés avec peine dans des milliers d'intestins de grenouilles m'ont permis d'étendre mes recherches à un type dont le système musculaire diffère à beaucoup d'égards de celui des espèces étudiées par Saefligen, et qui présente quelques particularités intéressantes. L'appareil génital dans cette espèce ne m'a pas paru différer sensiblement de celui des *E. angustatus* et *proteus* et du reste mes observations sur ce point ne sont pas aussi complètes que je l'aurais désiré. Il est très difficile, en effet, d'obtenir des échantillons d'*E. heruca* parfaitement étalés ; ils s'enroulent sur eux-mêmes vers l'extrémité postérieure qu'il serait fort important d'obtenir bien droite pour la débiter en séries de coupes.

Les fibres musculaires de l'*E. gigas* bien connues grâce aux observations de Schneider et de Leuckart, diffèrent par des caractères de scructure très remarquables des fibres des autres espèces étudiées. Il ne serait peut être pas absolument exact de dire qu'on rencontre chez les *E. angustatus* et *proteus* des types de passage entre l'*E. heruca* et l'*E. gigas*, mais il existe dans le système musculaire de l'*E. heruca* des dispositions simples qui permettent de mieux comprendre le système musculaire des espèces du type de l'*E. proteus* et celui de l'*E. gigas*. Maintenant que les caractères des fibres musculaires des *E. angustatus, proteus* et *clavæceps* sont bien établis grâce aux recherches de Saefligen dont j'ai été à même de vérifier l'exactitude, l'étude des fibres musculaires des *E. heruca* et *gigas*, qui, dans les deux espèces, se présentent avec des particularités remarquables, permet des comparaisons qui peuvent nous renseigner sur l'évolution spéciale que subissent ces éléments

(1) Ant. Schneider. Über den Bau der Acanthocephalen, *Archiv. f. Anatomie*, 1868.

chez les Échinorhynques où ils se présentent avec des formes au premier abord assez différentes les unes des autres.

J'indiquerai d'ailleurs, quand l'occasion s'en présentera, certaines dispositions mal connues ou non encore signalées que j'ai pu constater dans les autres systèmes de tissus de l'*E. gigas* ou de l'*E. hæruca*, en ce qui concerne par exemple les téguments, les lemnisques, les organes génitaux, les ganglions nerveux, etc.

Enfin, je consacrerai un chapitre spécial à l'étude des larves enkystées qu'on trouve en grande abondance dans l'épaisseur du péritoine chez le barbeau. Ces kystes ont déjà été étudiés par Mégnin, mais mes observations m'ont conduit à des résultats complètement différents de ceux de cet auteur, relativement à la structure et à l'évolution particulière de ces larves.

J'ai obtenu de grands avantages pour la fixation des tissus des Échinorhynques de l'emploi du sublime en solution saturée acidulée par l'acide acétique (liqueur de Roulle) (1). Ce réactif a, sur l'acide osmique, l'avantage de ne pas empêcher la coloration ultérieure, mais dans le cas particulier, le sublimé présente encore un autre avantage : c'est que les animaux y meurent sans se contracter et en général en extension; ainsi, lorsque la trompe des *E. hæruca* que je déposais dans ce réactif était entièrement invaginée, cet organe faisait saillie au-dehors au bout de quelques minutes. Enfin, le sublimé-acétique traverse facilement la cuticule qui laisse difficilement pénétrer d'autres réactifs. La fixation des organes internes est atteinte après dix minutes ou un quart d'heure d'immersion.

Saeftigen affirme dans son mémoire que les tissus des Échinorhynques se colorent très difficilement. Il lui a été impossible d'obtenir des colorations avec le carmin ammoniacal, le carmin aluné, l'hématoxyline et les différentes couleurs d'aniline; le carmin au borax seul lui a donné des résultats satisfaisants à condition de le laisser agir pendant plusieurs jours. Cette assertion est très exagérée, les tissus des Échinorhynques se laissent parfaitement colorer par les matières employées en histologie, la coloration est seulement un peu plus lente que

(1) La formule m'est indiquée dans un mémoire de Roulle, sur l'Histologie des Lamellibranches. *Journal de l'Anat. et de la Physiologie*, 1887.

dans les cas ordinaires. Les insuccès que l'on rencontre en tentant des colorations en masse tient à ce que la cuticule ne se laisse traverser que fort difficilement ou même pas du tout par la plupart des colorants aqueux ou alcooliques. Mais les colorations faites sur le porte objet, les coupes étant fixées au collodion de Schällibaum ou à l'albumine, réussissent parfaitement. Les différentes hématoxylines, et en particulier l'hématoxyline de Kleinenberg, conviennent très bien; quant au carmin à l'alun il colore très vivement les noyaux des tissus sous-cuticulaires, des muscles, des lemnisques, etc., mais il ne communique aux fibres musculaires qu'une teinte assez pâle.

J'ai obtenu de fort belles colorations à l'aide de certaines couleurs d'aniline, telles que la coccéinine et le rouge de Bordeaux R. Cette dernière substance en solution aqueuse donne, au bout de quelques minutes, une coloration très vive dont l'élection est comparable à celle de l'hématoxyline, j'ai vérifié ses propriétés sur d'autres tissus appartenant aux animaux les plus variés et toujours avec le même succès. J'ai, du reste, obtenu des colorations en masse d'*E. heruca* en laissant les échantillons séjourner plusieurs heures dans une solution très faible de rouge de Bordeaux. Pour l'*E. gigas* la coloration en masse s'obtient très facilement si l'on a soin d'enlever les téguments qui se détachent aisément; on se débarrasse ainsi de la cuticule et d'une partie des tissus sous-cuticulaires qu'il n'est pas nécessaire de conserver sur toutes les préparations, leurs caractères très constants ayant été déterminés une fois pour toutes.

I. — Recherches sur l'E. gigas.

A. Fibres musculaires. — Il n'y a pas lieu de revenir sur la disposition bien connue des deux couches musculaires qui tapissent la face interne des tissus sous-cuticulaires, et dont l'externe, plus épaisse, est circulaire, et l'interne, plus mince, est longitudinale. Ce qui frappe tout d'abord dans les éléments musculaires, ce sont des différences d'aspect et de structure entre les fibres transversales et les fibres longitudinales sur lesquelles les auteurs ne paraissent pas avoir suffisamment insisté.

Les fibres transversales dont Saeftigen a donné un bon des-

sin (1), ont des dimensions qui varient entre 0mm,05 et 0,09 de largeur sur 0,07 et 0,12 d'épaisseur, et elles ne présentent pas ces énormes variations de taille qu'on observe pour les fibres longitudinales.

Etudiées en coupe transversale, c'est-à-dire sur des coupes longitudinales des parois du corps (fig. 10 et 13 *m t*, et fig. 23), elles offrent un contour très net indiqué par une ligne fortement colorée. Ce contour très accusé doit correspondre à une membrane ou au moins à une différenciation périphérique de la substance de la fibre, car au niveau des points où la substance contractile manque à la périphérie de la fibre et fait place à du protoplasma ou à du liquide, cette ligne existe avec la même netteté.

La substance contractile ne remplit pas complètement ni uniformément toute la masse de la fibre. Elle est disposée sous forme de feuillets composés d'un grand nombre de fibrilles, et laisse libre un espace plus ou moins étendu à contours arrondis, tantôt situé au centre de la fibre, tantôt s'étendant jusqu'à la périphérie et occupé par un liquide qui apparaît sur les préparations comme une masse grossièrement granuleuse (*c*). Les feuillets musculaires ne partent pas en rayonnant de la cavité centrale, mais ils sont disposés parallèlement les uns aux autres de chaque côté de cette cavité (fig. 23); ils sont, par conséquent, parallèles à la surface du corps. Outre la substance contractile, la fibre renferme encore du protoplasma distribué entre les feuillets musculaires et entre ceux-ci et la cavité de la fibre (*pr*). Le liquide qui remplit cette dernière apparaissant sous forme d'une masse granuleuse, il n'est pas toujours facile de distinguer exactement le protoplasma et le coagulum, d'autant plus que la cavité n'est pas toujours unique, et à côté d'un espace principal on peut trouver de petits espaces secondaires occupés par du liquide coagulé. Mais, en général, le contour de la cavité est indiqué par une ligne assez nette, et, en dehors de cette ligne, on observe une masse finement granuleuse, plus homogène que le coagulum, d'un aspect un peu différent et qui s'étend entre les feuillets ; cette masse correspond au protoplasma.

Sur les coupes transversales de la paroi du corps, les fibres

(1) Morph. Jahrb. Bd. X. Taf. III, fig. 10.

circulaires forment une couche composée de fibrilles au milieu desquelles on distingue, en certains points, des îlots plus ou moins étendus de substance granuleuse qui correspondent à du protoplasma ou à du liquide coagulé (fig. 1, 3, 4, *c*).

Les fibres longitudinales diffèrent des fibres transversales par des variations considérables dans leurs dimensions, par l'absence d'une division de la substance contractile en feuillets, et par un développement moindre de cette substance contractile relativement à la grosseur des fibres et de la cavité centrale remplie de liquide. Les détails de structure de ces fibres se reconnaissent facilement sur des coupes transversales (fig. 1, 3, 4, 8, 19 *ml*). Leur diamètre est très variable, puisqu'il n'est que de $0^{mm}04$ à $0^{mm}05$ pour les plus petites fibres, et qu'il peut atteindre jusqu'à 0,1 dans les plus grosses. Toutes ces fibres sont tubulaires, et la cavité, occupée par un liquide comme dans les fibres transversales, est entourée d'un manchon de substance contractile. L'épaisseur de ce manchon est d'autant plus faible, relativement aux dimensions des fibres, que le diamètre de celle-ci est plus grand. Sur les coupes transversales, la cavité des petites fibres a une forme à peu près circulaire, et se trouve au centre de la fibre. Sur les fibres de dimensions plus élevées, la cavité s'élargit en partie aux dépens de la substance contractile qui conserve une certaine épaisseur sur le côté externe de la fibre, mais qui s'amincit beaucoup sur le côté péritonéal, comme l'a fait déjà remarquer Leuckart. Dans les fibres les plus volumineuses (fig. 1, 3 et 19, *ll*) la substance contractile se trouve réduite à un mince croissant qui n'occupe que le côté pariétal et qui fait complètement défaut sur le côté opposé. La cavité très volumineuse constitue alors une large expansion qui fait une saillie plus ou moins marquée et qui se projette dans la cavité du corps. Les fibres longitudinales offrent donc, avec les fibres musculaires de certains Nématodes, une ressemblance d'autant plus marquée que ces fibres atteignent des dimensions plus fortes. Dans les deux cas, il existe, en effet, une expansion volumineuse offrant sur son bord externe une couche d'épaisseur variable de substance contractile; mais la ressemblance est purement extérieure et il ne faudrait pas en conclure que dans les deux groupes les éléments musculaires sont homologues; nous verrons, au contraire, que ces fibres musculaires de l'*E. gigas* n'ont pas du

tout la même nature morphologique que les fibres musculaires des Nématodes. A ne considérer que les caractères histologiques, il y a d'ailleurs une différence essentielle entre les expansions fournies par les fibres longitudinales chez l'E. gigas et les expansions musculaires des Nématodes : c'est que celles-ci sont remplies de protoplasma, tandis que chez l'Echinorhynque elles sont creuses et occupées par un liquide.

Si les restes de protoplasma formateur se distinguent encore assez facilement dans les fibres transversales, c'est à peine si dans les fibres longitudinales on peut en retrouver, du moins dans les téguments de la région moyenne du corps. Dans les fibres longitudinales de la trompe, du réceptacle, de la bourse, du manteau des lemnisques, et dans les fibres de l'extrémité postérieure du corps, la cavité des fibres est occupée par un protoplasma assez abondant, offrant un réticulum très net qui, dans les autres régions du corps de l'Echinorhynque, disparaît pour faire place au liquide qui circule dans les fibres musculaires formant un système de canaux (fig. 6 et 18, *rl*, fig. 8, *ml*).

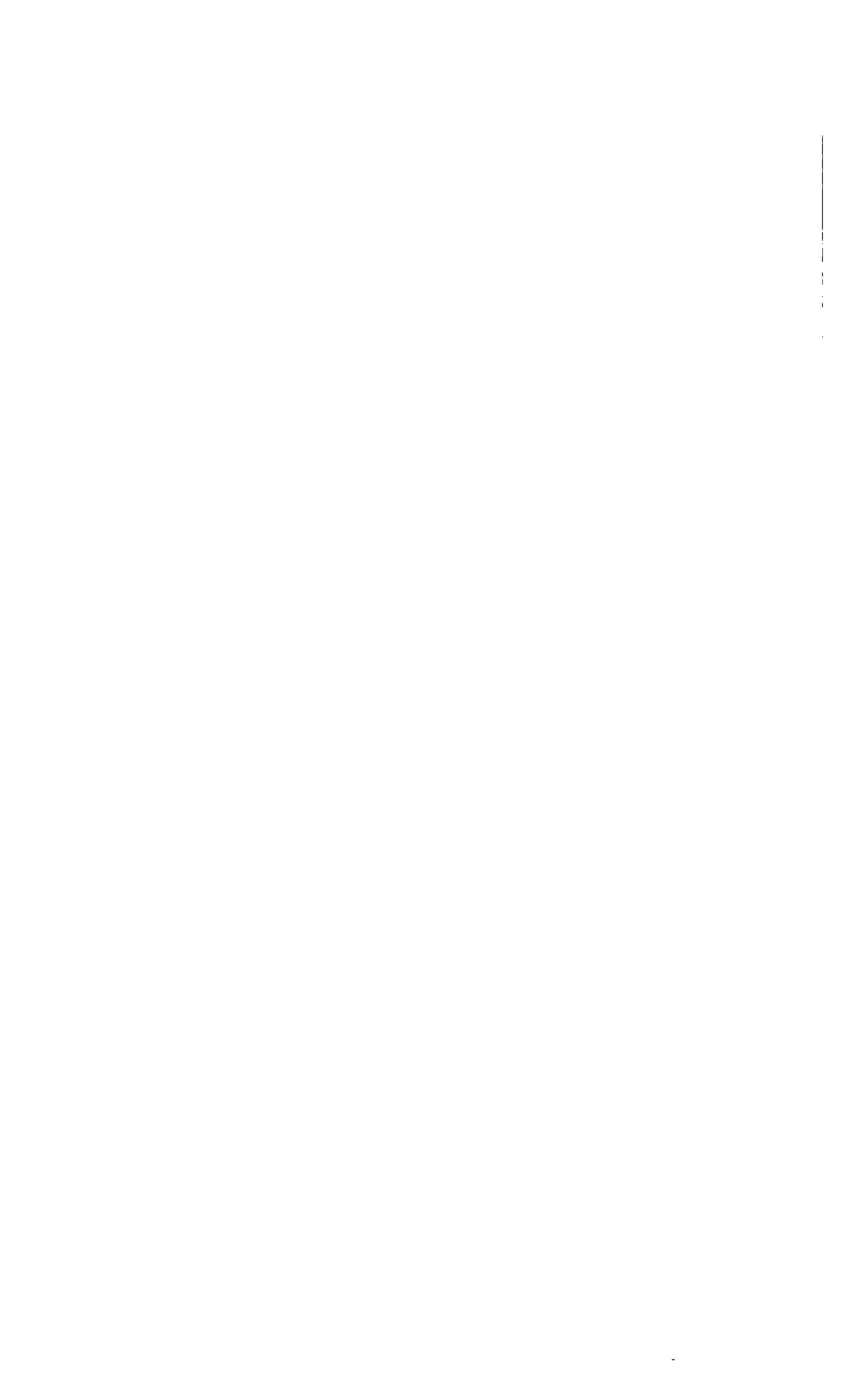
La substance contractile offre un aspect plus homogène dans les fibres longitudinales que dans les fibres transversales; la division en feuillets s'y trouve à peine indiquée. On distingue bien dans la substance contractile du segment externe de la plupart des fibres, surtout dans les plus petites chez lesquelles elle est la plus épaisse, des lignes radiaires parallèles qui partent du bord externe de la fibre et qui divisent la substance musculaire en compartiments. Mais ces lignes, qui indiquent une division rudimentaire en feuillets, atteignent rarement la cavité centrale; elles se perdent dans la substance contractile à une certaine distance de leur point d'origine. Dans les grosses fibres où la substance contractile est très amincie, et dans le segment interne des fibres de moyenne taille, il n'est même plus possible de trouver l'apparence d'une division en feuillets.

Sur les coupes transversales des fibres longitudinales, on observe également que leur contour externe est indiqué par une ligne fortement colorée. Il semble donc qu'il existe aussi une sorte de membrane d'enveloppe pour ces fibres, ainsi que nous l'avons constaté pour les fibres circulaires. Lorsque le segment péritonéal du manchon de substance contractile disparaît dans

les grosses fibres, c'est cette enveloppe seule qui limite la cavité interne de la fibre (fig. 1, 3 et 19, *ll*).

Les fibres musculaires longitudinales et transversales de l'*E. gigas*, avec leurs cavités centrales occupées par un liquide, constituent un vrai système de canaux anastomosés dans lesquels circule un liquide nourricier : à en juger par les dimensions des cavités, les fibres longitudinales forment la partie la plus importante de ce système. Leuckart a décrit, avec assez de détails, le mode de division et de ramification de ces fibres pour qu'il soit inutile de revenir sur ce point. Cet auteur a aussi indiqué, après Schneider, l'élargissement considérable que prenaient quatre fibres musculaires, une de chaque côté des canaux latéraux, formant ainsi de gros troncs qui courent parallèlement à ces canaux sur toute la longueur du corps, et qui produisent à la face interne de la paroi du corps un relief assez sensible pour être facilement aperçu à l'œil nu. Mais la forme et les dimensions de ces fibres spéciales ne sont pas aussi constantes qu'on pourrait le supposer d'après la description de Leuckart. En certains points ces fibres sont énormes et elles atteignent presque les dimensions des canaux latéraux (fig. 1, *ll*); ailleurs, elles sont beaucoup plus petites. Il n'est pas rare d'en rencontrer, côte à côte, deux de chaque côté des canaux latéraux, et offrant toutes deux les mêmes dimensions. Ces fibres atteignent des dimensions beaucoup moindres chez le mâle (fig. 3, *ll*). Enfin, dans la région antérieure du corps, la taille de ces fibres diminue beaucoup, et elles se distinguent des fibres voisines d'autant plus difficilement qu'on se rapproche de la trompe ; il en est de même à l'extrémité postérieure du corps.

Les fibres musculaires de la paroi du corps, aussi bien dans la couche transversale que dans la longitudinale, ne sont pas exactement appliquées les unes contre les autres, mais elles laissent entre elles des intervalles plus ou moins étendus. Les fibres longitudinales sont séparées de la cavité du corps par une membrane qui les recouvre et qui s'étend au-dessus d'elles en passant comme un pont de l'une à l'autre (fig. 1, 3, 4 et 19 *p*), et en se fixant sur une certaine étendue du segment péritonéal de ces fibres. Les fibres transversales ne sont pas immédiatement appliquées contre la face interne des tissus sous-cuticulaires, et elles ne touchent pas non plus la face externe des fibres



longitudinales. Les intervalles qui restent ainsi libres entre ces fibres sont occupés par un tissu que Schneider a appelé *neuro-sarcolemme*, et que Leuckart décrit sous le nom de *Bindesubstanz*. Cette formation se présente sous forme d'un tissu transparent, peu colorable, consistant en une substance fondamentale anhiste traversée de nombreuses petites trabécules disposées sous forme de réticulum, et qui réunissent les fibres les unes aux autres aussi bien qu'à la face interne des tissus sous-cuticulaires (fig. 1 et 3, *s*).

Leuckart, à propos de la comparaison faite par Schneider entre les muscles des Nématodes et ceux des Echinorhynques, s'exprime ainsi au sujet de ce tissu : « Die Bindesubstanz in welcher die Cylinder eingelagert sind wird dabei nicht die solche anerkannt, sondern als ein Theil der Muskelzelle selbst in Anspruch genommen », mais il n'indique pas les raisons qui lui font admettre cette interprétation. Je considère aussi, pour ma part, que cette substance interposée entre les fibres musculaires est un reste du protoplasma des cellules dans lesquelles ces fibres se sont développées. J'indiquerai plus loin les considérations qu'on peut invoquer à l'appui de cette opinion, lorsque j'aurai étudié les fibres musculaires de l'*E. heruca* : les caractères des fibres et des cellules dans lesquelles celles-ci se développent, chez cette espèce, nous permettra d'expliquer facilement l'origine de ce tissu particulier de l'*E. gigas*, dont la signification devient plus claire lorsqu'on peut utiliser les renseignements fournis par l'étude des dispositions réalisées chez d'autres espèces.

B. Canaux latéraux et troncs longitudinaux dorsal et ventral. — Grâce aux dimensions des cavités dont elles sont creusées, les fibres musculaires longitudinales constituent un système de canaux volumineux, dans lesquels le liquide albumineux qu'elles renferment peut circuler facilement et en grande abondance. Il n'en est plus de même pour les fibres transversales qui sont creusées de cavités beaucoup plus étroites, et qui ne présentent jamais ces élargissements notables, sortes de réservoirs que possèdent les premières. Mais en revanche, les fibres transversales peuvent donner naissance, en certains points de leur trajet, à des expansions considérables de leurs parois qui

s'étalent dans la cavité du corps et qui, se disposant en séries linéaires, constituent par leur ensemble quatre formations particulières : les canaux latéraux et les canaux longitudinaux dorsal et ventral ou canaux médians.

a. *Canaux latéraux*. — Ces formations ont déjà été bien vues et figurées exactement par Cloquet et par Blanchard. Le premier de ces observateurs dit que les canaux latéraux « s'étendent depuis le col jusqu'à l'extrémité de la queue... Ils sont transparents, bosselés et comme étranglés de distance en distance. Dans leur intérieur, ils offrent des replis valvulaires qui n'empêchent pas l'injection de les remplir avec facilité... Ils sont très adhérents aux fibres musculaires par un de leurs côtés... et sont remplis par un liquide transparent, albumineux si l'on en juge par la facilité avec laquelle il se coagule par l'action des acides et de l'alcool. Ils ne donnent aucune branche latérale et je n'ai pu trouver de communication soit entre eux, soit avec les bandelettes latérales (lemnisques) » (1).

Ces canaux sont particuliers à l'*E. gigas* et il est fort important de connaître leur signification et leurs relations. Schneider et Leuckart, les seuls auteurs qui se sont occupés de cette question, ne sont pas arrivés à des résultats concordants. D'après Schneider (2), ces canaux sont formés par une série d'expansions en forme de bourses (beutelförmige Auftreibungen) qui proviennent des muscles transversaux ; ces expansions, qui renferment des noyaux, traversent deux fentes que laissent les muscles longitudinaux et elles proéminent ainsi dans la cavité du corps. Toutes ces expansions sont creuses, elles communiquent les unes avec les autres ainsi qu'avec la cavité centrale des muscles transversaux, et elles renferment un liquide identique à celui qu'on trouve dans les cavités des fibres musculaires.

Leuckart s'élève contre cette manière de voir ; voici en effet ce qu'il dit de ces formations (3) : « Ce sont deux cylindres à parois minces, très larges (de $0^{mm},2$ à 0,3) adjacents aux muscles longitudinaux, courant sur toute la longueur du corps, sauf dans

(1) J. Cloquet, Anatomie des vers intestinaux. Paris, 1824, p. 85. Pl. V, fig. 3. Pl. VI, fig. 4 et 13, E.

(2) Schneider, loc. cit., p. 588.

(3) Die Menschlichen Parasiten. Pag. 747 et 748.

la région du cou et vers l'extrémité postérieure. En coupe, ils se présentent quelquefois sous forme d'un tube simple ou bien leur cavité est divisée par des cloisons anhistes disposées d'une manière variable et divisant cette cavité en plusieurs chambres (de deux à six). En beaucoup d'endroits, on peut suivre la paroi externe des canaux jusqu'à la couche des fibres circulaires. » En ce qui concerne la nature de ces canaux, Leuckart affirme que s'il a pu constater une relation (Zusammenhang) entre les canaux et les muscles transversaux, il lui a été possible de reconnaître des communications avec les cavités de leurs fibres. On doit, dit-il, conserver des doutes sur l'origine de ces canaux, d'autant plus qu'il existe dans le corps de l'*E. gigas* deux autres formations très semblables aux canaux latéraux, et pour lesquelles l'interprétation de Schneider se trouve en défaut (ce sont les canaux longitudinaux dorsal et ventral). « Trotzdem wird aber kaum Jemand, diesen Mediancanal aus einer linearen Verschmelzung von Muskelanhängen herleiten wollen. » Leuckart ne dit d'ailleurs pas d'une manière précise quelle est son opinion sur la valeur de ces canaux : « Auch sonst kann ich die Bedenken nicht unterdrücken welche die Darstellung und Auffassung von Schneider mir einflösst. So viel ist jedenfalls gewiss, dass durch Ausweitung von unverkennbaren Muskelfasern bei unserem E. gigas noch an verschiedenen Stellen Gebilde ihren Ursprung nehmen, die durch Röhrenform und Aussehen und Verlauf in vielfacher Hinsicht an die voranstehend beschriebenen Organe sich anschliessen. » D'après ce passage, il semble donc que Leuckart rapproche les canaux latéraux des deux paires de fibres musculaires qui les accompagnent, et qui sont simplement, comme nous l'avons vu, des fibres creuses à parois très minces et fortement dilatées.

Mes observations m'ont conduit à des résultats conformes à ceux de Schneider et voici ce que j'ai pu constater au sujet des relations et du mode de formation des canaux latéraux.

Sur les coupes transversales, les canaux latéraux présentent les caractères suivants. Vers le milieu des faces latérales du corps, les fibres longitudinales sont interrompues, et la solution de continuité qu'elles présentent est occupée par une expansion volumineuse, qui fait plus ou moins saillie dans la cavité du corps vers laquelle elle est limitée par un contour très nettement

indiqué formant une ligne ondulée, tandis qu'en dehors elle s'étend jusqu'à la couche des fibres transversales (fig. 1, 3, *c. l.*)

Cette expansion est tapissée sur sa face interne par la membrane péritonéale que nous avons vu recouvrir les muscles longitudinaux, et qui s'étend uniformément sur toute la face interne de la paroi du corps. La cavité de l'expansion est partagée en un certain nombre de chambres par des cloisons irrégulièrement disposées, et elle est remplie par une masse grossièrement granuleuse indiquant qu'elle est occupée par un liquide chez l'animal vivant. Dans ce coagulum, au voisinage des cloisons ou de la paroi, on observe des noyaux, au nombre d'un à quatre sur chaque coupe, renfermant de nombreuses granulations de substance chromatique, et dont les dimensions sont d'environ $0^{mm},09$ sur 0,05 : ces noyaux ne sont pas toujours arrondis ou ovalaires : ils sont quelquefois réniformes. Quant au canal latéral, je lui trouve jusqu'à $0^{mm},75$ de largeur sur 0,45 de hauteur dans la région moyenne des corps chez la femelle ; chez le mâle, il atteint une taille un peu moins élevée.

Il faut remarquer, en ce qui concerne la situation des nombreux noyaux qu'on trouve dans les canaux latéraux, qu'en général ils sont non seulement appliqués contre la paroi ou une cloison du canal latéral, mais qu'ils sont séparés de la cavité de ce canal occupée par le coagulum par une mince membrane, de telle sorte que chaque noyau paraît logé dans une sorte de petite chambre close. Or, on peut souvent constater que la substance qui entoure le noyau présente un fin réticulum formé de trabécules très minces disposées parfois d'une manière régulière, par exemple sous forme de travées parallèles reliant la surface du noyau à la membrane qui l'enveloppe. Il y a une différence d'aspect entre la substance grossièrement granuleuse qui remplit le canal latéral, et la substance à structure plus délicate qui existe dans ces petites chambres où sont ordinairement situés les noyaux. Cette particularité fait déjà supposer que les noyaux entourés d'une mince zône de protoplasma sont fixés aux parois ou aux cloisons des canaux latéraux, qu'ils ne se trouvent pas en liberté et mobiles, en d'autres termes, que ce ne sont point des éléments charriés par le liquide qui circule dans ces canaux comme le sont les noyaux qu'on observe dans les nombreux canaux des tissus sous-cuticulaires.

Ce qui prouve bien que les noyaux appartiennent en propre aux canaux latéraux, ce sont les caractères qu'affectent ceux-ci vers leurs extrémités, et, en particulier, vers leur extrémité supérieure. En effet, vers leurs points de terminaison, on remarque que le coagulum devient moins abondant et fait place à du protoplasma offrant un réticulum. A mesure que l'on se rapproche de leurs extrémités on peut constater que les canaux latéraux, au lieu d'offrir une cavité vide, se remplissent de plus en plus de protoplasma, si bien que finalement les canaux latéraux qui, à proprement parler, ne méritent pas le nom de canaux, consistent en expansions protoplasmiques et ne renferment plus de liquide : la canalisation cesse d'exister. Comme d'ailleurs dans les mailles de protoplasma réticulé on rencontre des noyaux, peut-être plus nombreux encore que dans la région moyenne qui ne renferme que du liquide, il est bien évident que les noyaux des canaux latéraux appartiennent en propre à leur tissu et ne sont pas des éléments du liquide qui y circule.

Entre le canal latéral et la couche des fibres circulaires on trouve toujours un certain nombre de fibres longitudinales au nombre de deux à cinq (fig. 1 et 3, *m' l'*) qui, en général, occupent le milieu du bord externe du canal, de telle sorte que celui-ci les déborde de chaque côté pour s'avancer jusqu'au niveau des fibres circulaires. En certains points le bord externe du canal latéral offre un contour nettement accusé, indiquant une membrane qui le sépare des muscles transversaux, mais très fréquemment ce contour fait défaut, et il n'existe aucune ligne de séparation entre la masse granuleuse qui remplit le canal et les fibres circulaires. En suivant des séries de coupes transversales, on en rencontre toujours un certain nombre sur lesquelles le coagulum, qui remplit le canal latéral, se continue avec les masses granuleuses qu'on observe çà et là dans la couche des fibres circulaires, et qui, comme nous l'avons vu, correspondent à des cavités occupées par du liquide ou du protoplasma. Ainsi déjà l'étude des coupes transversales montre que la cavité des canaux latéraux communique avec les cavités des fibres circulaires, contrairement à ce que Leuckart affirme à ce sujet.

Remarquons enfin que la couche des muscles longitudinaux est réellement traversée par le canal latéral qui fait en quelque sorte hernie à travers cette couche et ne la refoule pas devant lui;

le canal latéral s'étale librement dans la cavité du corps, et il n'est jamais recouvert par les fibres longitudinales.

L'étude des coupes longitudinales comprenant les canaux latéraux et l'étui musculo-cutané est plus intéressante que celle des coupes transversales, car elle nous permet de comprendre très clairement la manière dont ces canaux ont pris naissance. Si l'on suit des séries de coupes, on voit que dans les fibres transversales qui se présentent en coupe transversale avec les caractères que nous connaissons, la cavité interne se rapproche du bord péritonéal de la fibre dont la substance contractile s'amincit beaucoup, puis disparaît, si bien que la cavité finit par ne plus être limitée du côté interne que par la membrane d'enveloppe de la fibre (fig. 13). A un moment donné, les fibres longitudinales disparaissent devant les fibres transversales ainsi modifiées, et celles-ci s'entrouvrent alors sur leur face interne. Non seulement la communication se trouve ainsi largement établie entre la cavité de chaque fibre et celle du canal latéral, mais les parois amincies de la fibre et réduites à la seule membrane d'enveloppe plus ou moins plissée et repliée, peuvent être suivies au milieu du coagulum qui remplit le canal. Tous ces prolongements que forment les fibres entr'ouvertes se réunissent et s'anastomosent ensemble pour constituer en définitive les parois et les cloisons internes des canaux latéraux. Sur des coupes passant exactement par l'axe d'un canal latéral, on remarque que les fibres ne s'ouvrent pas toutes dans le même plan, mais à des hauteurs différentes. En étudiant plusieurs séries de coupes longitudinales, j'ai cru observer que toutes les fibres s'entrouvraient et qu'elles développaient chacune une expansion, mais que chaque fibre n'en fournissait qu'une seule. Toutefois, comme la forme de la coupe des fibres varie beaucoup d'une coupe à l'autre, en raison des modifications qu'elles présentent au niveau des canaux latéraux, et que de plus ces fibres sont susceptibles de se ramifier, on conçoit qu'on ne puisse affirmer le fait d'une manière absolue.

Les coupes horizontales (tangentielles) successives, comprenant les deux couches musculaires et les canaux latéraux (fig. 9) permettent aussi, et sous un aspect différent, de reconnaître les relations des canaux latéraux avec les fibres transversales. La coupe représentée figure 9, intéresse la région externe du canal

latéral et montre les muscles transversaux en coupe longitudinale ($m\ t$) et de chaque côté de ceux-ci les muscles longitidinaux dont les fibres sont coupées obliquement ($m\ l$). Les trois ou quatre expansions volumineuses qui correspondent à la coupe du canal latéral proviennent visiblement des fibres transversales : elles continuent directement certaines de ces fibres et paraissent résulter de leur épanouissement, ou plutôt d'une dilatation énorme et brusque de ces fibres avec amincissement de leurs parois. Les muscles longitudinaux restent tout à fait étrangers à ces expansions.

Nous pouvons donc considérer les canaux latéraux comme étant formés par une série d'expansions que développent les fibres musculaires transversales à un niveau déterminé, expansions qui sont des prolongements directs des parois des fibres qui communiquent largement avec les cavités de celles-ci. Elles traversent les muscles longitudinaux pour s'épanouir dans la cavité du corps du ver. Les prolongements sont anastomosés de manière à former dans leur ensemble un canal cloisonné en chambres qui communiquent toutes les unes avec les autres. Au début, ces expansions devaient être occupées par du protoplasma, comme d'ailleurs aussi la cavité de la fibre, puis ce protoplasma disparaissant, sauf aux deux extrémités du canal, celui-ci s'est vidé et est devenu propre à recevoir et à laisser circuler un liquide.

b. *Canaux longitudinaux dorsal et ventral ou canaux médians.* — L'*E. gigas* possède encore deux autres canaux qui s'étendent sur presque toute la longueur du corps, sauf aux deux extrémités et qui occupent les lignes médianes dorsale et ventrale. Nous pouvons les désigner sous le nom de canaux médians. Ils sont situés entre les deux couches de fibres musculaires, et ils ont la même origine et les mêmes relations avec les muscles transversaux que les canaux latéraux, mais ils s'en distinguent par quelques particularités.

Ces troncs longitudinaux paraissent avoir déjà été aperçus par Cloquet, mais Blanchard n'en fait pas mention. Schneider dit que chacun de ces canaux est un vaisseau assez large qui communique avec les muscles transversaux par de nombreuses et larges anastomoses. Leuckart les décrit comme des « formations consistant en tubes à parois minces mais beaucoup plus

étroits que les canaux latéraux, leur diamètre n'étant que de 0mm,07, et ne possédant pas comme ceux-ci de cloisons internes. Cependant, à cause de leur aspect et de leurs relations avec les muscles transversaux, on doit les considérer comme des organes analogues à ces canaux. Ils occupent la ligne médiane du ver, courent parallèlement aux gros vaisseaux sous-cuticulaires dont ils sont séparés par les muscles transversaux, et ils prennent une forme triangulaire par suite de la compression des muscles longitudinaux voisins. En général, l'extrémité apicale de ces tubes est recouverte par des fibres longitudinales sans que pour cela la saillie qu'ils déterminent soit plus accentuée (1). »

Leuckart appelle ces canaux « tubes médians intermusculaires », et il n'admet pas plus la communication indiquée par Schneider entre ces canaux et les muscles transversaux, qu'il n'admettait une communication analogue au sujet des canaux latéraux. Nous avons même vu plus haut qu'il invoquait l'absence de ces communications entre les troncs médians et les fibres transversales, pour démontrer par analogie que ces communications n'existaient pas non plus au niveau des canaux latéraux.

Quelle que soit d'ailleurs la manière de voir de Leuckart, je dois faire remarquer que le texte et les dessins de son ouvrage sont en désaccord en ce qui concerne la situation de ces canaux. Il dit en effet dans le texte que ces canaux sont situés entre les deux couches de fibres musculaires, ce qui est parfaitement exact, tandis que dans tous les dessins où il les figure, il les représente en dehors des muscles transversaux, au milieu des tissus sous-cuticulaires (fig. 352, 358, 371, 372, 377 et 380). Bien que le texte ne renvoie à aucun de ces dessins, et que dans les explications il ne soit jamais question de ces canaux, il est certain que ce sont bien eux que Leuckart a voulu représenter en indiquant, au niveau des lignes médianes dorsale et ventrale, des formations dont la coupe est triangulaire et qui renferment un contenu granuleux. Tous les caractères de ces canaux sont exactement représentés, mais par suite d'une erreur qu'on s'explique difficilement, Leuckart les place *en dehors* de la couche musculaire transversale au lieu de les placer *en dedans* de cette couche.

(1) Leuckart, loc. cit, p. 747

Les troncs longitudinaux médians se présentent sur les coupes transversales avec les caractères suivants (fig. 4 et 19 *c m*). Ils sont situés entre les deux couches de fibres musculaires ; ils ne font pas hernie à travers la couche des fibres longitudinales comme les canaux latéraux, mais ils la refoulent simplement devant eux. Ils sont limités sur leurs bords latéraux et péritonéal par une ligne de contour très accusée, tandis qu'en général, leur bord externe n'est séparé des fibres transversales par aucune ligne de démarcation, comme nous l'avons déjà constaté pour les canaux latéraux. Le contenu du canal est un coagulum granuleux, et ici encore, en suivant des séries de coupes, on constate qu'en plusieurs points les îlots à contenu granuleux, situés au milieu des fibres transversales, se continuent avec le contenu des canaux médians.

Il n'est pas exact de dire comme Leuckart, que ces canaux sont dépourvus de cloisons internes. On trouve en effet, dans les canaux médians du mâle, de nombreuses cloisons les divisant en chambres distinctes, et quelques-unes, mais moins nombreuses, chez la femelle. Il est à remarquer d'ailleurs que ces canaux n'ont pas la même forme ni les mêmes dimensions chez la femelle que chez le mâle ; j'ai du moins observé, dans les deux échantillons que j'ai étudiés, les différences suivantes. Chez la femelle, les canaux longitudinaux médians ont, en général, sur les coupes transversales, la forme triangulaire reconnue par Leuckart, mais contrairement à ce qu'indique ce savant, le sommet du triangle est dirigé vers la cavité du corps et non pas vers l'extérieur (fig. 19, *cm*). Leur diamètre, chez la femelle, varie entre 0mm,10 et 0mm,12. Chez le mâle, ces canaux sont beaucoup plus gros, et ils atteignent jusqu'à 0mm,22-0mm,25 de largeur sur 0mm,15 de hauteur : ils forment donc, dans ce sexe, une saillie plus considérable que chez la femelle, différence qui est même sensible à l'œil nu. D'ailleurs, leur forme est plus irrégulière chez le mâle ; ils sont bosselés et, sur les coupes transversales (fig. 4, *cm*), ils offrent des contours sinueux. Aussi, par ces caractères et par le nombre des cloisons qui les divisent, les canaux médians ressemblent plus aux canaux latéraux chez le mâle que chez la femelle. Cette ressemblance n'est cependant pas complète, car outre la taille et le fait que les canaux médians sont recouverts par les fibres longitudinales, caractères déjà

indiqués par Leuckart, il y a une autre différence à signaler entre les canaux médians et les canaux latéraux : c'est que, dans les premiers, on ne trouve pas ces nombreux noyaux qui existent chez ces derniers.

Ces différences ont d'ailleurs peu d'importance, et la ressemblance entre les canaux médians et les canaux latéraux fait déjà prévoir que ces formations ont la même origine. C'est ce qu'indiquent très clairement les coupes longitudinales, surtout chez le mâle. Une coupe, passant par l'axe d'un canal médian (fig. 10), montre que ce canal est constitué par la réunion d'expansions développées à la face interne des fibres musculaires transversales. On voit, en effet, les fibres transversales s'entrouvrir et envoyer par leurs bords libres des prolongements qu'on peut suivre, en certains points, jusqu'à la paroi externe du canal, et l'on constate que ce sont ces prolongements qui, en se recourbant et en se reliant les uns aux autres, constituent cette paroi externe. Les membranes qui limitent ces expansions n'offrant pas de nombreuses anastomoses comme dans les canaux latéraux, les dispositions et les relations des canaux médians avec les fibres musculaires transversales, sont peut-être plus faciles encore à saisir ici que pour les canaux latéraux.

On conçoit facilement que les cloisons internes des canaux médians soient moins nombreuses chez la femelle que chez le mâle. En effet, dans ces canaux comme dans les canaux latéraux circule un liquide qui sert probablement à la nutrition des tissus. Comme les canaux médians ont un diamètre relativement petit chez la femelle dont la taille est, par contre, toujours très grande, la circulation doit y être assez lente : il était donc très avantageux que ces cloisons, nombreuses chez le mâle dont la taille est plus réduite et les canaux médians plus gros, fussent aussi peu nombreuses que possible chez les femelles.

La communication des canaux latéraux et médians avec les fibres transversales étant bien établie, on peut se demander comment ces communications, si évidentes sur les coupes, n'ont pas été remarquées, au moins en ce qui concerne les canaux latéraux, par les auteurs qui ont eu l'occasion d'injecter ces canaux. Cloquet, et après lui Blanchard ont injecté les canaux latéraux, mais comme le dit le savant professeur du Museum :

« on peut les remplir sans difficulté, mais on ne réussit à mettre rien de plus en évidence que sans le secours de l'injection. »

La question sera peut-être reprise un jour ; mais de ce que ces communications n'ont pas été découvertes par la méthode des injections, ce n'est pas une raison pour mettre en doute leur existence : il suffit qu'elles aient été établies d'une manière certaine par la méthode des coupes, bien supérieure à la première, et l'on peut seulement regretter que la confirmation d'un fait reconnu à l'aide de l'une des méthodes n'ait pas été encore obtenu à l'aide de la seconde.

Les canaux latéraux et les canaux médians sont des formations particulières à l'*E. gigas*, comme aussi la canalisation des fibres musculaires est à peu près spéciale à cette espèce. On sait cependant que les fibres transversales des *Ech. porrigens* et *strumosus* présentent des expansions analogues à celles de l'*E. gigas*, et Schneider considère cette particularité comme un acheminement vers les dispositions qui sont réalisées chez l'*E. gigas*. Nous observerons aussi chez l'*E. heruca* deux bourrelets longitudinaux latéraux qui dépendent également du système musculaire, mais ces bourrelets diffèrent des canaux latéraux de l'*E. gigas* parce qu'ils sont constitués uniquement par des cellules musculaires volumineuses, et proéminant fortement dans la cavité du corps.

C. TROMPE ; RÉCEPTACLE DE LA TROMPE. — Les muscles de la trompe et du réceptacle de la trompe ont été décrits très minutieusement et fort exactement par Leuckart. Je ne m'étendrai donc pas longuement sur ce sujet et me contenterai de passer en revue les particularités offertes par quelques-uns de ces muscles.

On sait que le réceptacle de la trompe de l'*E. gigas* diffère de celui des autres espèces en ce qu'il n'offre pas, à proprement parler, deux couches musculaires concentriques adjacentes : il faut en effet distinguer le vrai réceptacle de la trompe, dont les parois épaisses sont formées d'un épais feutrage de fibrilles transversales radiaires, et en dehors duquel on trouve « quatre muscles aplatis isolés qui se séparent de la paroi du corps à une certaine distance de l'insertion du réceptacle proprement dit.

Ces muscles ont la structure ordinaire des muscles de la paroi du corps ; ils sont apposés lâchement au réceptacle et finalement ils s'insèrent à l'extrémité postérieure arrondie de celui-ci. » (1) Sur les coupes transversales passant vers le milieu du réceptacle (fig. 8), on reconnaît ces muscles entre le réceptacle lui-même et le manteau des lemnisques.

Ces muscles, comme d'ailleurs aussi les muscles rétracteurs de la trompe et du réceptacle, et comme ceux du manteau des lemnisques, possèdent des fibres analogues aux fibres longitudinales de la paroi du corps, mais elles sont plus petites et ne présentent pas une cavité centrale occupée par un liquide. La substance contractile entoure en effet une masse centrale de protoplasma avec un réticulum formé de travées très apparentes, et qui n'a pas disparu entièrement par suite de la canalisation incomplète de ces fibres.

Le réceptacle de la trompe, ainsi que l'a montré Leuckart, ne diffère pas seulement de celui des autres espèces parce qu'il n'offre pas les deux couches musculaires concentriques ordinaires, mais parce qu'il a la forme d'une gouttière et non d'un cylindre fermé. Il est ouvert sur toute la longueur de sa ligne médiane ventrale ; en coupe transversale il se présente donc comme un croissant (fig. 8 et 18 *r*) dans la concavité duquel on trouve la coupe des fibres du rétracteur de la trompe (*r. t.*) La gouttière est fermée par un muscle particulier, le rétracteur ventral, qui s'étend jusque vers le tiers postérieur du réceptacle : à ce niveau il se divise en deux branches et se confond avec les autres rétracteurs. Ce muscle présente aussi en coupe transversale (*r. r.*) une forme voisine de celle d'un croissant dont les bords se trouvent vis à vis des bords libres du réceptacle : il a une largeur d'environ 0mm,25 sur 0,06 de hauteur. Il offre les caractères ordinaires des muscles longitudinaux de la paroi du corps, c'est-à-dire que ses fibres sont tubuleuses et elles renferment des restes de protoplasma. Par suite de leur pression réciproque ses fibres sont plus ou moins déformées et elles se présentent avec des contours polygonaux et non arrondis.

Le muscle rétracteur ventral offre sur son bord interne et

(1) Leuckart. Die menschlichen Parasiten, p. 750.

supérieur une bordure épaisse *(r x)* qui se colore fortement par l'hématoxyline et se continue en s'amincissant sur la face externe du réceptacle de la trompe, qui se trouve ainsi relié à ce rétracteur. A mesure que les coupes se rapprochent de l'extrémité postérieure du réceptacle, on voit que cette bordure va en s'amincissant, et qu'elle envoie une lame rejoignant les fibres du rétracteur de la trompe sur lesquelles elle disparaît. Lorsque le réceptacle de la trompe s'est converti en un cylindre fermé par le rapprochement et la réunion de ses bords, ce qui arrive au niveau du ganglion nerveux, cette bordure continue à l'entourer sous forme d'une mince enveloppe qui se conserve jusqu'à son extrémité. Il est assez remarquable que cette bordure, qui fixait d'une manière énergique la matière colorante dans une série de préparations colorées à l'hématoxyline, est restée presque complétement incolore, dans une autre série colorée au rouge de Bordeaux.

Le ganglion nerveux se trouve situé au niveau du point de bifurcation du muscle rétracteur ventral. Il a été décrit fort exactement, ainsi que les nerfs qui en partent, par Schneider et par Leuckart, mais je ne sache pas qu'on n'en ait jamais donné un dessin (à moins que ce ganglion ne soit représenté dans un mémoire de Jarschinsky que je ne connais que par une citation de Leuckart). Ce ganglion, étudié en coupe transversale (fig. 18, *g t*) présente un bord supérieur arrondi et convexe tandis que le bord inférieur forme un angle très obtus à côtés légèrement excavés. C'est dans la région inférieure du ganglion que les cellules nerveuses offrent les plus grandes dimensions. Il présente une largeur d'environ 0mm,24 sur 0,12 de hauteur. Les cellules nerveuses de la face inférieure mesurent 0,045 sur 0,03.

D. — Lemnisques. — En ce qui concerne la structure histologique des lemnisques, je ne suis pas arrivé à des résultats absolument conformes à ceux de Leuckart. Cet auteur a constaté que les noyaux multinucléolés, qu'on rencontre habituellement dans les lemnisques des autres espèces, atteignaient chez l'*E. gigas* des dimensions considérables grâce auxquelles ces organes prenaient un contour irrégulier et devenaient bosselés. Or, dans les lemnisques des deux échantillons que j'ai eus entre les mains, je n'ai jamais observé ces noyaux qui sont si fréquents chez les

espèces du type de l'*E. proteus*. Le tissu des lemnisques est particulièrement dense chez l'*E. gigas*, et les fibres qui les constituent sont étroitement entre-croisées. Elles ne limitent pas ces espaces volumineux occupés par un coagulum granuleux enfermant des noyaux comme cela arrive chez l'*E. proteus* par exemple. Ces fibres forment au contraire des mailles serrées, constituant de petits espaces arrondis occupés par une masse granuleuse, sans noyaux. Seul, le canal central du lemnisque, et les branches les plus grosses qui s'en détachent présentent çà et là des noyaux volumineux, plus gros que ceux que l'on rencontre en si grande abondance dans les tissus sous-cuticulaires (fig. 8, *n l*). Les coupes transversales montrent que les fibres radiaires sont irrégulièrement entre-croisées, et que vers les bords (fig. 21) elles forment une masse plus dense de laquelle partent en rayonnant des fibres qui s'étendent jusqu'à la périphérie. Un grand nombre de fibres circulaires se rencontrent dans la région périphérique, mais il n'existe pas dans les lemnisques de l'*E. gigas* cette bordure marginale formée de fibres parallèles analogues à celle que Saeftigen a trouvée chez les *E. angustatus* et *proteus*.

E. — Organes génitaux mâles. — Je n'ai pas d'observations à rapporter sur la structure des organes génitaux de la femelle qui ont été étudiés très en détail par Andres. Les organes mâles ont été minutieusement décrits par Leuckart, et je n'ai guère à ajouter à sa description que quelques remarques relatives à la structure et à la disposition des muscles annexés à ces organes. J'ai cependant tenu à donner des dessins de quelques coupes, la description de Leuckart étant parfois difficile à suivre à cause de l'insuffisance des figures : il m'a semblé en particulier que le dessin qu'il donne d'une coupe transversale du cordon génital n'était pas exact.

Une coupe transversale passant par le cordon génital un peu au-dessus de la bourse (fig. 15) offre, en effet, des dispositions un peu différentes de celles qui sont indiquées par Leuckart et rappelle plutôt les figures données par Saeftigen pour l'*E. proteus*. En dedans d'une gaîne musculaire (*g m*) formée par des fibres tubuleuses ordinaires, on trouve le canal déférent rempli par le sperme (*d*) et, en dessous de lui, un organe dont la paroi est également musculaire et qui renferme une masse granu-

leuse rappelant le coagulum ordinaire des fibres musculaires (*s m*). Les fibres que forment la paroi de cet organe se continuent avec les fibres musculaires de l'enveloppe du cordon. La coupe de ce sac musculaire a la forme d'un cercle dont le diamètre est plus grand que celui du canal déférent, à ce niveau du cordon génital où la coupe a passé. Cet organe, qui n'a aucune communication avec les canaux évacuateurs des organes génitaux ainsi que Linstow l'a montré, et qui n'est pas de nature glandulaire, ne constitue pas, comme on le croyait autrefois, une sorte de vésicule séminale. Saefligen la considère comme une vésicule à parois formées de fibres musculaires et remplie par un réseau protoplasmique dont les mailles sont occupées par un liquide que les réactifs peuvent coaguler : il lui donne le nom de *Muskelmarkbeutel*. Dans les espèces qu'il a étudiées, il a constamment rencontré deux gros noyaux dans l'intérieur de cette substance granuleuse. Comme nous retrouvons dans cette formation les caractères que nous sommes habitués à rencontrer dans le tissu musculaire de l'*E. gigas*, il ne peut y avoir aucun doute sur la signification de cette poche spéciale qui accompagne le cordon génital. Vers son extrémité supérieure où cette poche musculaire est beaucoup plus étroite que le canal déférent qui est fort gros, j'ai rencontré deux petits noyaux renfermant quelques nucléoles plongés au milieu de la substance granuleuse.

De chaque côté du canal déférent et du muscle qui se trouve en dessous, se montrent les coupes des conduits qui terminent les glandes annexées au cordon génital et que les Allemands désignent sous le nom de Kitt — ou d'Anhangs — drüsen. Je les appellerai simplement glandes annexes, ne pouvant traduire leur nom allemand autrement que par une périphrase. Ces glandes étant au nombre de huit chez l'*E. gigas*, leurs canaux excréteurs se disposent symétriquement, quatre de chaque côté du canal déférent (*k'*). Les intervalles qui restent libres entre l'enveloppe musculaire du cordon et les différents organes qui y sont contenus sont comblés par des fibres musculaires longitudinales creuses (*m l*).

A mesure que les coupes deviennent plus voisines de l'extrémité postérieure du corps, on voit les canaux des glandes annexes se confondre et se jeter dans le canal déférent qui se

continue alors par le canal éjaculateur, offrant des parois musculaires très épaisses (fig. 16, *j*). Sur les premières coupes qui intéressent la partie supérieure de la bourse on retrouve encore ces différents canaux, mais ils ne tardent pas à se fusionner pour former le canal éjaculateur qui reste seul. Vers le point où les conduits excréteurs des glandes annexes se réunissent au canal déférent, on remarque que le sac musculaire, dont il était question plus haut, se cloisonne et se trouve alors divisé en trois parties distinctes, une médiane et deux latérales (*s m*, *s' m'*) formées toutes trois par une enveloppe musculaire enfermant une masse granuleuse.

Les coupes transversales passant par la partie supérieure de la bourse permettent de reconnaître les dispositions suivantes (fig. 16). La bourse a la forme d'un fer à cheval et se présente avec les caractères qui ont été fort bien décrits par Leuckart : enveloppe musculaire (*m b*) tapissée sur sa face interne d'une couche (*t b*) qui appartient aux téguments invaginés à l'extrémité postérieure du corps. L'ouverture du fer à cheval est fermée par le cordon génital dont les éléments ne sont pas encore confondus au niveau du sommet de la bourse, mais qui ne tarderont pas à se réunir en un canal éjaculateur unique (*j*). En dehors de celui-ci se trouve le sac musculaire (*s m*) déjà divisé en trois parties. De chaque côté du cordon génital on reconnaît, appliqué contre la paroi musculaire de la bourse, un amas de cellules volumineuses, dont chacun est la moitié du ganglion génital (*g g*).

Sur les coupes suivantes le ganglion disparaît, et le sac musculaire qui accompagnait le cordon génital devient de moins en moins distinct ; il se réduit progressivement, puis se confond avec les éléments musculaires de la bourse dans lesquels il se trouve en quelque sorte englobé. La coupe transversale de la bourse perd ainsi la forme d'un fer à cheval et constitue un manchon musculaire continu à la face interne duquel se trouve maintenant appliqué le canal éjaculateur recouvert par la couche tégumentaire qui tapisse cette paroi musculaire.

La constitution des portions moyenne et inférieure de la bourse ainsi que du reste de l'appareil génital mâle a été fort bien étudiée par Leuckart, et je ne veux point m'y arrêter. Je me contenterai seulement d'attirer l'attention sur une disposition que j'ai représentée figure 17 et que malheureusement, à



cause du manque de matériaux, je n'ai pas pu étudier d'une manière complète.

Vers l'extrémité inférieure de la bourse les coupes transversales montrent les dispositions suivantes, conformes à la description et aux dessins de Leuckart (voir fig. 376, *B* p. 784 des « Menschlichen Parasiten »). Par suite du développement de la couche tégumentaire interne de la bourse et du reploiement de cette couche en dehors, la couche des fibres musculaires qui se réduit à mesure qu'on se rapproche de cette extrémité inférieure, reprend la forme d'un croissant qu'elle présentait dans la partie supérieure (*m b*), se trouve entourée d'une première enveloppe dont le tissu a la même structure que celui de la couche sous-cuticulaire (*t b*), en dehors de laquelle existe une deuxième enveloppe ayant la même structure que la première, et qui n'a pas été représentée sur la figure 17 pour ne pas en augmenter les dimensions. A un certain niveau, et cela tout près de l'extrémité inférieure de la bourse, on voit apparaître vers les pointes du croissant que forme la couche musculaire, entre cette couche et la première enveloppe tégumentaire, des formations particulières, au nombre de deux ou trois d'abord, puis, sur les coupes suivantes au nombre de cinq ou six de chaque côté. Ces formations ont l'apparence de cellules arrondies, limitées par une membrane, et présentant un grand nombre de petites sphères régulières qui renferment un contenu finement granuleux (*c b*). Quand la couche musculaire a disparu, on retrouve encore quelques-uns de ces éléments qui sont entourés par l'enveloppe interne, laquelle finalement disparaît à son tour. Que sont ces éléments particuliers ? Sont-ce des cellules musculaires à réticulum très régulier, limitant des mailles arrondies ? ou bien sont-ce des éléments glandulaires ? Mais dans l'une et l'autre hypothèse, on ne s'explique pas pourquoi l'on n'y rencontre pas de noyaux. On pourrait aussi supposer que ces éléments appartiennent à l'enveloppe tégumentaire de la bourse, mais ils paraissent en être bien indépendants. Je ne puis qu'indiquer cette disposition, qui n'est mentionnée ni par Leuckart, ni par Schneider, et la signaler aux naturalistes qui seront assez heureux pour se procurer des matériaux leur permettant d'étudier à fond l'appareil génital mâle de l'*E. gigas*.

II. — Recherches sur l'E. heruca.

Je n'indiquerai dans cette étude de l'*E. heruca* que les particularités qui le distinguent des autres espèces dont la structure a été étudiée, en le comparant surtout aux *E. angustatus* et *proteus*, bien connu maintenant grâce aux recherches de Saeftigen.

TÉGUMENTS. — Les tissus sous-cuticulaires sont constitués comme chez l'*E. proteus* par une couche interne de fibres musculaires entre-croisées et anastomosées, dont les fibres s'étendent surtout en direction radiale, et qui laissent entre elles des mailles arrondies occupées par une substance granuleuse enfermant des noyaux (fig. 7 et 11, *r c*), et par une couche externe comprenant une succession de couches de fibrilles musculaires longitudinales et circulaires entre-croisées les unes avec les autres suivant quatre ou cinq lignes concentriques (*f c*). L'épaisseur des tissus sous-cuticulaires n'est pas la même dans tous les points de l'étui cutané comme l'indiquent les coupes transversales (fig. 7); les tissus forment en effet une couche plus épaisse dans les parties dorsale et ventrale que dans les parties latérales. Or c'est précisément au niveau des régions les plus étroites que les cellules musculaires qui doublent la face interne des tissus sous-cuticulaires, prennent un plus grand développement et constituent deux bandes longitudinales faisant saillie dans la cavité du corps.

Les téguments de l'*E. heruca* se distinguent de ceux de l'*E. proteus* par deux caractères. La couche interne est plus dense, les fibres qui la constituent sont plus serrées et le réseau qu'elles forment possède des mailles plus petites que chez l'*E. proteus*. On ne trouve pas ici ces espaces considérables, correspondant aux gros vaisseaux sous-cuticulaires de l'*E. proteus*: ces vaisseaux sont beaucoup plus petits chez l'*E. heruca*. Cette particularité tient sans doute aux différences d'épaisseur relatives des couches internes et externes des tissus sous-cuticulaires chez l'*E. heruca* et l'*E. proteus*. Chez l'*E. heruca*, en effet, la couche externe formée par les systèmes concentriques de fibrilles anastomosées est à peu près aussi épaisse que la couche interne. Chez l'*E. proteus* l'épaisseur totale des téguments, cuticule et

tissus sous-cuticulaires est d'environ 0mm29 : la couche interne a une épaisseur de 0,24 tandis que la couche externe avec la cuticule qui la recouvre n'a que 0,05. Chez l'*E. heruca*, dans les points où ils offrent leur plus grand développement, c'est-à-dire dans les régions dorsale et ventrale, les tissus sous-cuticulaires ont en moyenne 0mm20 d'épaisseur : or la couche interne mesure de 0,11 à 0,13 et la couche externe de 0,07 à 0,09.

FIBRES MUSCULAIRES. — Les fibres transversales doivent être étudiées sur des coupes longitudinales de la paroi du corps. Sur ces coupes on trouve (fig. 11) au-dessous des téguments une série de cellules disposées côte à côte, formant une rangée unique (*c t m*); la largeur de ces cellules varie entre 0mm05 et 0,10 et leur hauteur est d'environ 0,06. Ce sont les cellules musculaires des fibres transversales : elles présentent un réticulum très fin mais bien net, dont les mailles sont occupées par une substance claire se colorant légèrement par les réactifs ; çà et là on rencontre un noyau. La région externe de ces cellules est occupée par des paquets de fibrilles musculaires (*m t*) formant une couche de substance contractile qui n'occupe guère que le tiers environ de l'épaisseur totale de la cellule.

Ces cellules musculaires se sont donc très incomplètement différenciées en substance contractile. L'aspect des fibres musculaires transversales de l'*E. heruca* rappelle donc beaucoup celui des fibres musculaires de certains Nématodes, des *Oxyuris vermicularis*, *Dochmius duodenalis*, *Trichocephalus dispar*, par exemple, dans lesquelles la région externe de la cellule renferme seule de la substance contractile, tandis que la région interne conserve sa structure protoplasmique primitive.

Chez les *E. angustatus* et *proteus*, les limites des cellules musculaires dans lesquels se différencient les fibres transversales sont bien moins distinctes que l'*E. heruca*. En dedans des téguments, il existe une bande de protoplasma (1) et non pas une série de cellules distinctes, offrant çà et là un renflement renfermant un noyau, et dans lesquelles des paquets de fibrilles plus ou moins volumineux forment des groupes fort nombreux. Si l'on juge du nombre des cellules par les territoires des noyaux consécutifs, on trouve que dans chaque cellule il se développe un

(1) Voir Saefftigen. Morph. Jahrb. X. Taf. III, fig. 9.

très grand nombre de groupes distincts de fibrilles musculaires. Ces groupes sont tantôt distincts du protoplasma ambiant, tantôt ils sont moins nettement différenciés.

Les fibres longitudinales de l'*E. heruca* diffèrent des fibres transversales par des caractères importants. Elles ont en effet une forme tubuleuse et consistent en un manchon de substance contractile formé par la réunion des fibrilles et entourant une cavité centrale occupée par du protoplasma (fig. 2 et 7 *m. l.*). Ces fibres se développent dans des cellules analogues à celles des muscles circulaires et elles présentent avec ces cellules les relations suivantes. En dedans de la rangée externe des cellules musculaires appartenant aux muscles transversaux, il en existe d'autres qui leur ressemblent par leurs caractères histologiques : dans les régions dorsale et ventrale du corps elles ne forment qu'une rangée unique et ne sont pas plus grosses que les cellules externes, tandis que dans les parties latérales elles s'élargissent, se disposent même sur deux rangs et font saillie dans la cavité du corps (*b. l.*) Dans les régions où ces cellules offrent le moins d'épaisseur, les fibres longitudinales sont situées sur le bord interne des cellules. Sur les coupes transversales on trouve une série d'anneaux (fig. 7) dont chacun correspond à la coupe d'une fibre longitudinale, et ces anneaux, se touchant par leurs bords, forment une série non interrompue. Dans les régions latérales au contraire, là où les cellules musculaires proéminent fortement dans la cavité du corps, les fibres (*b. l.*) sont enfouies dans le protoplasma qui les enveloppe de toutes parts; elles sont tantôt isolées, tantôt réunies par groupes isolés de deux ou trois fibres se touchant par leurs bords.

Chez l'*E. proteus*, les fibres longitudinales présentent une structure plus simple. Elles ont aussi une forme tubulaire, mais il est fort rare d'observer des cellules appartenant à la couche de ces fibres, et dans tous les cas, ces cellules ne se disposent pas en couche continue et développée comme chez l'*E. heruca*.

Les cellules musculaires qui prennent un développement considérable sur les faces latérales des parois du corps *E. heruca* déterminent la formation des deux bandes allongées faisant une saillie assez marquée. Cette particularité n'a pas encore été constatée dans d'autres espèces d'Echinorhynques. Ces bandes longitudinales qui commencent vers le point d'insertion des

lemnisques sur les téguments, s'amincissent et disparaissent vers l'extrémité postérieure du corps. Elles occupent la même situation que les canaux latéraux de l'*E. gigas* mais, si elles sont analogues à ces organes, elles ne sont pas morphologiquement homologues.

En effet, les canaux latéraux résultent d'expansions, disposées en séries linéaires, des muscles transversaux, tandis que les bandes latérales de l'*E. heruca* résultent de la multiplication et de l'extension des cellules dans lesquelles se développent les fibres longitudinales : non seulement elles n'ont rien de commun avec les muscles transversaux, mais elles consistent simplement en une accumulation de cellules et ne sont pas des expansions formées par les fibres.

Les cellules musculaires de l'*E. heruca* sont remarquables par leurs grandes dimensions : elles sont aplaties mais très larges. On les observe sur les coupes tangentielles des téguments encore mieux que les coupes transversales ou longitudinales. Sur la coupe représentée figure 22, on trouve, en dedans des téguments, une série de cellules appartenant aux fibres transversales (*c. t. m.*), avec leur zône interne de substance contractile, et dans l'espace central de la coupe, séparées de ces cellules par les fibres longitudinales, un certain nombre de cellules plus volumineuses appartenant au système des fibres longitudinales. Ces dernières (*c. l. m.*) présentent un très beau réticulum protoplasmique, et certaines d'elles un petit noyau. Elles peuvent atteindre jusqu'à 0mm,20 de diamètre.

Les cellules musculaires de l'*E. heruca* diffèrent par leur taille et les caractères du réticulum protoplasmique qu'elles renferment, de celles des *E. angustatus* et *proteus*, sur lesquelles Saeftigen ne s'étend pas longuement. J'ai représenté, figure 5, deux de ces cellules observées sur une coupe tangentielle des téguments de l'*E. proteus*. On voit qu'ici les trabécules du réticulum protoplasmique limitent des mailles de dimensions variables et n'offrent pas la même régularité que chez l'*E. heruca*. Les cellules paraissent remplies de vacuoles occupées par une substance très finement granuleuse qui ne se colore pas par les réactifs, tandis qu'en d'autres points, les mailles du réticulum sont occupées par un protoplasma qui se colore par l'hématoxyline. Il existe de plus au milieu des mailles des granulations

qui se colorent très vivement. Le noyau est beaucoup plus gros que dans les cellules musculaires de l'*E. heruca*, bien que les dimensions des cellules soient ici moins élevées que dans cette espèce puisqu'elles ne mesurent que 0^{mm}, 12 sur 0,07 en moyenne.

Les autres fibres musculaires qui partent des téguments pour aller aux différents organes internes (manteau des lemnisques, muscles des organes génitaux), présentent la même forme tubulaire que les fibres longitudinales de la paroi du corps. Elles sont plus grosses que les mêmes fibres chez l'*E. proteus* et dans leur intérieur on observe toujours un réticulum protoplasmique très développé.

Les fibres musculaires de la trompe et du réceptacle de la trompe ne paraissent pas différer de celles des espèces étudiées par Saeftigen. Les cellules musculaires qu'on observe dans le rétracteur de la trompe et dans les deux parois musculaires du réceptacle sont en même nombre, et disposées de la même manière que chez l'*E. proteus*.

Le ganglion nerveux (fig. 6, *g. t.*) se présente sur les coupes transversales sous la forme d'un triangle dont le sommet est dirigé vers le côté ventral. Il présente environ 0^{mm}, 11 de largeur sur 0, 07 de hauteur. Comme chez l'*E. gigas*, les cellules nerveuses atteignent leur plus grande dimension dans la région ventrale du ganglion.

Lemnisques. — Ces organes chez l'*E. heruca* sont fort peu développés et leurs dimensions sont très réduites comparativement à celles qu'ils présentent chez les *E. angustatus et proteus*. Leur tissu (fig. 20) composé de fibrilles entrecroisées est moins dense que chez l'*E. gigas*, mais plus serré que chez l'*E. proteus*. Les noyaux sont loin d'être aussi nombreux que dans cette dernière espèce, on n'en trouve que quatre ou cinq dans chaque lemnisque : en revanche ces noyaux sont très volumineux, plus gros que les noyaux ordinaires des tissus sous-cuticulaires. Les fibres externes parallèles dont nous avons constaté l'absence chez l'*E. gigas* font également défaut chez l'*E. heruca*.

Organes génitaux. — Mes observations sur la structure des organes génitaux de l'*E. heruca* sont malheureusement fort incomplètes. Par suite de l'enroulement qui se produit toujours vers l'extrémité postérieure du corps, il est très difficile

d'obtenir de bonnes séries de coupes transversales. Je n'ai d'ailleurs eu à ma disposition qu'un nombre d'animaux très restreint que je réservais pour les débiter en coupes totales et sur lesquels je ne pouvais pas faire de dissections de ces organes. Je n'ai que des renseignements très insuffisants sur la constitution de l'appareil génital femelle, mais j'ai obtenu une série complète de coupes longitudinales d'un échantillon de sexe mâle. C'est à cette série qu'appartient la coupe représentée figure 12 et qui montre l'extrémité inférieure du deuxième testicule, (*t*) les glandes annexes (*k*) avec leurs canaux excréteurs (*k'*), le sac musculaire (*s. m.*) annexé au cordon génital avec son contenu granuleux présentant un noyau, le canal éjaculateur (*j*) dont les parois musculaires sont très épaisses, et enfin la bourse (*b*) à moitié évaginée, offrant de nombreuses cellules musculaires. La coupe passant à peu près par le plan sagittal, on ne peut observer le ganglion génital qui se trouve dans d'autres coupes. La constitution fondamentale des organes génitaux mâles ne paraît donc pas être différente chez l'*E. proteus* et chez l'*E. haeruca*, et le dessin que je donne suffira pour indiquer la disposition générale de l'appareil dans cette dernière espèce.

Après avoir terminé l'étude du système musculaire de l'*E. gigas* et de l'*E. haeruca*, il convient de comparer les éléments constituants de ce système si différent dans ces deux espèces, et de leur comparer également les mêmes éléments des *E. angustatus* et *proteus* d'après les documents fournis par Saefligen.

Je me suis toujours servi, dans les descriptions, du terme de fibre musculaire pour désigner les parties élémentaires du système musculaire chez les Echinorhynques, terme qui n'a pas en histologie de signification très précise. Or nous devons nous demander si ces éléments ont la même valeur chez les différents Echinorhynques étudiés, et si cette forme importante du tissu musculaire, le faisceau primitif peut se retrouver chez ces animaux.

L'*E. haeruca* paraît réaliser, dans la structure des fibres musculaires de la paroi du corps, les dispositions les plus simples et probablement aussi les plus primitives. L'étude de cette espèce est très avantageuse parce que les cellules musculaires y sont conservées avec leurs caractères principaux, qu'elles présentent

des dimensions considérables, et parce qu'elles restent très distinctes les unes des autres. Nous savons que dans la couche musculaire transversale, les cellules musculaires disposées côte à côte sont nettement divisées en deux régions distinctes, une interne dans laquelle le protoplasma n'est pas modifié et qui renferme le noyau, et une région externe dans laquelle la substance contractile s'est différenciée sous forme de paquets de fibrilles. Dans chaque cellule qui reste parfaitement indépendante des voisines, il ne se différencie qu'un groupe unique de fibrilles, par conséquent l'élément des muscles transversaux de l'*E. heruca*, ce que nous avons appelé la fibre musculaire transversale, correspond à un faisceau primitif.

Dans le système des fibres longitudinales au contraire, nous remarquons que la substance contractile se différencie en plusieurs points dans chaque cellule, soit dans la région centrale, soit près du bord interne de la cellule. Les fibrilles qui prennent ainsi naissance forment plusieurs groupes dans chaque cellule, et se disposent de manière à donner un certain nombre d'éléments ayant la forme de cylindres creux, dont la paroi est constituée par ces fibrilles et dont la cavité est occupée par le protoplasma de la cellule formatrice. Une grande partie du protoplasma de chaque cellule n'est pas employée dans la formation de la substance contractile et conserve ses caractères primitifs.

Il résulte de cette disposition que, tandis que dans les muscles circulaires, chaque élément isolé du système musculaire, chaque fibre en un mot, a la valeur morphologique d'un faisceau primitif, dans les muscles longitudinaux au contraire, la fibre ne correspond qu'à une portion de faisceau primitif.

Chez les *E. angustatus* et *proteus* les cellules musculaires ont des dimensions plus réduites et sont moins distinctes que chez l'*E. heruca*. Néanmoins il est facile de reconnaître que dans la couche externe ou circulaire, il se différencie à l'intérieur de chaque cellule, et cela dans la région externe seulement, de nombreux groupes isolés de fibrilles qui restent plongés dans le protoplasma formateur, ou qui s'en détachent pour devenir indépendants. Ces groupes de fibrilles ont en général une forme circulaire sur les coupes transversales. Dans la couche longitudinale, les fibrilles se différencient également par groupes nom-

breux dans chaque cellule, et elles se disposent de manière à former les parois de cylindres creux dont la coupe est ovalaire et dont la cavité renferme des restes de protoplasma. Mais le protoplasma de cellules musculaires est ici presque complètement envahi par la substance contractile; on n'en retrouve çà et là que des portions très réduites qui entourent les noyaux.

Il résulte de ce qui précède que chez les *E. angustatus* et *proteus* les éléments contractiles du système musculaire correspondent, aussi bien les fibres transversales que les fibres longitudinales, à des portions de faisceaux primitifs. De plus chaque cellule musculaire donne naissance à un beaucoup plus grand nombre de groupes de fibrilles que les cellules de la couche musculaire longitudinale de l'*E. heruca*.

Si nous tenons compte, pour rechercher la valeur des fibres musculaires de l'*E. gigas*, des considérations précédentes et des observations de Schneider qui a montré qu'il n'existait dans le corps de cet Echinorhynque qu'un très petit nombre de noyaux musculaires, nous nous trouvons conduits à admettre que les cellules musculaires dans cette espèce sont très peu nombreuses, mais qu'elles ont une taille énorme; que dans chacune d'elles il se différencie un nombre excessivement élevé de groupes de fibrilles distinctes, chacun de ces groupes correspondant à l'élément que nous avons décrit sous le nom de fibre.

Mais les éléments musculaires de l'*E. gigas* présentent une structure encore plus compliquée que dans les espèces précédentes, ce qui tient à deux causes : la première, c'est le groupement régulier que prend la substance contractile, laquelle se dispose en feuillets parallèles, surtout dans les muscles transversaux, et la deuxième qui est la canalisation spéciale des fibres musculaires. Il est certain qu'au début les différents groupes isolés de fibrilles formaient des cylindres dont la région centrale renfermait du protoplasma non différencié, disposition qui persiste en certains points; mais en général le protoplasma central a disparu et les fibres, devenues creuses, ont constitué un vaste système de canaux ramifiés et anastomosés.

Les fibres musculaires des *E. heruca, proteus* et *angustatus*, se trouvent donc situées au milieu ou au bord du protoplasma formateur non différencié des cellules musculaires, protoplasma

qui leur forme une sorte de gaîne plus ou moins développée. On ne saurait conserver des doutes sur la nature de cette enveloppe dans laquelle on retrouve des noyaux, et qu'il n'est point difficile de rapporter à des cellules dont les limites sont extrêmement nettes chez l'*E. heruca*, un peu moins chez les autres espèces. Il n'en est pas de même chez l'*E. gigas*, où la nature du tissu dans lequel les fibres musculaires sont plongées peut paraître plus difficile à interpréter. Mais si l'on tient compte des dispositions plus simples réalisées chez les espèces voisines, et si l'on se souvient que ces fibres se sont développées dans des cellules énormes, la nature de ce tissu paraît évidente. Nous nous trouvons donc en droit de dire que le *neuro-sarcolemme* de Schneider, la *Bindesubtanz* de Leuckart qui enveloppe les fibres musculaires et les sépare les unes des autres, n'est qu'un reste du protoplasma des cellules dans lesquelles ces fibres se sont développées. Ce tissu présentant un réticulum dont les mailles sont occupées par une substance homogène, ressemble d'ailleurs beaucoup au protoplasma des cellules musculaires de l'*E. heruca*. On conçoit que les cellules ayant des dimensions colossales chez l'*E. gigas*, il faudrait parcourir une étendue considérable du corps de l'Echinorhynque pour trouver les limites de deux cellules musculaires voisines; aussi le protoplasma qui persiste autour des fibres forme-t-il un manteau absolument continu.

La valeur morphologique des fibres musculaires de l'*E. gigas* étant connue maintenant, il nous reste à rechercher la signification des expansions qu'envoyent les fibres transversales en certains points, et dont l'ensemble constitue les canaux latéraux et les canaux médians. Schneider et Leuckart ont comparé ces formations aux larges expansions musculaires qu'on connaît chez un certain nombre de Nématodes, chez l'*Ascaris lombricoïdes*, par exemple. Or, il est facile de reconnaître que les expansions musculaires de l'*E. gigas* ne sont pas du tout homologues à celles des Nématodes.

En effet, chez ces derniers, la paroi du corps présente une rangée de cellules musculaires dont la taille est susceptible de varier dans des limites très étendues. La substance contractile se différencie dans la région périphérique de la cellule, vers le côté externe, sous forme d'une bande aplatie ou d'une gouttière



plus ou moins profonde, tandis que la portion de la cellule qu n'est pas recouverte par la substance contractile peut prendre un développement considérable, et se projeter alors sous forme d'une vésicule volumineuse dans la cavité générale du ver; cette vésicule renferme un protoplasma abondant et contient le noyau. Donc la fibre musculaire d'un Nématode, avec l'expansion qui s'en détache sur son bord interne, correspond à une cellule musculaire : elle a la valeur d'un faisceau primitif. Or, la fibre musculaire de l'*E. gigas* correspond seulement à une portion de faisceau primitif, et l'expansion que forme sa paroi en s'étalant, en élargissant en un point déterminé, ne saurait être comparée à l'expansion musculaire qui, chez le Nématode, n'est autre chose que la partie non différenciée en substance contractile, mais simplement dilatée, de la cellule musculaire primitive. La fibre transversale, avec son expansion chez l'*E. gigas*, a une valeur morphologique moins élevée que la fibre musculaire avec son expansion chez le Nématode. En résumé, les expansions qui forment les canaux médians et latéraux de l'*E. gigas*, peuvent présenter des analogies avec les vésicules appendues aux muscles des Nématodes, mais les éléments qui les composent ayant une valeur différente, elles ne leur sont point homologues.

Quant aux noyaux fort nombreux qu'on rencontre dans les canaux latéraux, nous avons vu qu'ils n'étaient pas des éléments figurés du liquide qui circule dans ces canaux, comme le sont par exemple les noyaux des vaisseaux sous-cuticulaires, mais qu'ils adhéraient aux parois des expansions et faisaient, par conséquent, partie du système des muscles transversaux dont celles-ci dépendent. Il est probable que ces noyaux avec la zone de protoplasma qui les entoure ont pris naissance à la suite de divisions répétées des noyaux des cellules musculaires, et se sont ensuite localisés dans les expansions fournies par les fibres transversales. Si l'on admet les considérations développées plus haut relativement à la valeur morphologique des fibres musculaires de l'*E. gigas*, il serait difficile de trouver une autre explication de l'existence de ces nombreux noyaux dans les canaux latéraux.

On pourrait adopter une interprétation tout à fait différente, et admettre que chaque expansion correspond à une cellule musculaire dont la substance contractile, développée dans la région

externe de la cellule, aurait formé une fibre transversale. Dans cette manière de voir, les muscles de l'Echinorhynque seraient des formations parfaitement homologues aux muscles des Nématodes; les noyaux des canaux latéraux correspondraient, en effet, à des noyaux de cellules musculaires, et la fibre transversale avec l'expansion qui en dépend aurait ainsi la valeur morphologique d'un faisceau primitif. Cette conception nouvelle de la fibre musculaire vient naturellement à l'esprit, et il convient de rechercher si elle s'accorde avec les faits. Remarquons d'abord que si cette explication était vraie, ce n'est pas la fibre musculaire qui aurait développé l'expansion, mais l'expansion qui aurait donné naissance sur son bord à la fibre, chose assez peu vraisemblable étant données les relations de ces deux formations. Mais il y a bien d'autres arguments à opposer à une semblable manière de voir. D'abord, l'explication ne pourrait s'appliquer qu'aux fibres transversales de l'*E. gigas*, les fibres longitudinales ne développant pas d'expansions analogues, et ce que nous avons dit relativement à la signification de ces fibres en tant que portions de faisceaux primitifs reste donc vrai. Or, ainsi que cela résulte des observations de Schneider, les noyaux musculaires sont aussi peu nombreux dans les fibres transversales que dans les fibres longitudinales, dans les deux systèmes de fibres on peut distinguer cinq zones distinctes renfermant chacune des noyaux groupés suivant un mode déterminé. Les éléments étant très semblables et semblablement disposés, offrant les mêmes relations et la même structure dans les deux couches de muscles, il est bien difficile d'admettre que ces éléments offrent une si grande différence, au point de vue morphologique, dans la couche transversale et dans la couche longitudinale.

D'ailleurs, s'il est vrai que le tissu interposé aux fibres musculaires, le neuro-sarcolemme de Schneider, est un reste du protoplasma des cellules musculaires, on devrait trouver, dans la couche des fibres transversales, des lignes de séparation au milieu de ce tissu, lignes qui correspondraient aux limites des cellules. Or, cette disposition n'existe pas et le protoplasma dans lequel sont plongées les fibres musculaires forme partout une couche continue, aussi bien dans la couche des fibres transversales que dans celle des fibres longitudinales.

En tenant compte des différenciations successives qu'on

observe lorsqu'on étudie successivement les tissus musculaires des *E. heruca, proteus* et *gigas*, différenciations qui déterminent des formations de plus en plus complexes, nous pouvons arriver à nous expliquer d'une manière très simple et très rationnelle, et, d'ailleurs, tout à fait conforme aux faits observés, le système musculaire de l'*E. gigas*, à déterminer la valeur des éléments qui le constituent. Nous constatons qu'il n'y a dans cette espèce qu'une exagération des dispositions qui existent ailleurs.

En voulant trouver une autre explication, nous sommes obligés d'admettre implicitement que les fibres musculaires peuvent se modifier brusquement d'un groupe à l'autre, sans transition aucune, mais même que dans la même espèce, elles peuvent reconnaître deux modes d'origine complètement différents l'un de l'autre pour aboutir en somme à la même structure chez l'adulte. Une telle explication serait trop antiscientifique pour se soutenir.

En résumé, nous pouvons admettre que chez les Echinorhynques les éléments du système musculaire se différencient dans des cellules. Tantôt ces cellules sont nombreuses et la substance contractile forme un groupe unique de fibrilles dans chaque cellule (fibres transversales de l'*E. heruca*); tantôt les fibrilles forment deux ou trois groupes distincts dans chaque cellule, sans que les dimensions de celle-ci s'accroissent notablement, ni que le protoplasma devienne moins abondant (fibres longitudinales chez la même espèce). Ailleurs (*E. angustatus* et *proteus*) les groupes de fibrilles deviennent plus nombreux dans chacune des cellules musculaires, qui sont d'ailleurs plus étendues, et dans lesquels les restes du protoplasma sont plus réduits. Enfin, chez l'*E. gigas*, les cellules musculaires ont pris des dimensions énormes; dans leur protoplasma, prennent naissance des groupes infiniment nombreux de fibrilles qui acquièrent une structure plus compliquée que dans les autres types, et qui s'isolent beaucoup plus parfaitement et se différencient mieux du protoplasma formateur dans lequel ils continuent à rester plongés.

III. — Recherches sur la structure des kystes des Ech. angustatus et proteus.

Dans un mémoire sur l'organisation et le développement des Echinorhynques, M. Mégnin a étudié la structure de kystes trouvés dans un Combattant, dans des Varans du désert et dans le Barbeau. Ces larves enkystées présenteraient d'après cet observateur l'organisation suivante. Sous le tégument on distingue un canal buccal qui s'ouvre à l'extérieur et qui, après un cours trajet, se dilate en une ampoule pharyngienne au fond de laquelle se montre deux ouvertures dans lesquelles viennent déboucher deux longs tubes à parois épaisses, beaucoup plus longs que le corps, ainsi que le montrent les anses qu'ils forment et leur extrémité repliée. Ces deux corps sont creusés dans toute leur longueur d'un conduit qui se ramifie dans la paroi très épaisse de ces corps. Il est impossible de ne pas voir l'analogie frappante qui existe entre ces organes et l'intestin bifide des Distomes. Cet appareil digestif, si développé chez la larve, est destiné à s'atrophier presque complètement; chez l'adulte, l'ouverture buccale a disparu, et les deux gastro-hépato-intestins, comme les appelle Mégnin, considérablement raccourcis, constitueront ces organes caractérisques des Echinorhynques, les lemnisques, dont la signification n'avait pas encore été reconnue. Cette observation, ajoute Méguin, doit faire rapprocher ces helminthes des Trématodes, et les éloigner des Nématodes avec lesquels on avait de la tendance à les ranger.

La description donnée par Mégnin se rapporte aux kystes trouvés chez le varan, mais les larves qu'il avait rencontrées chez le combattant et chez le barbeau présentaient une organisation semblable.

Les observations de Mégnin ont été vivement critiquées par Saeftigen : cet observateur estime que Mégnin s'est trompé aussi bien dans ses recherches sur les kystes, que dans ses recherches sur l'organisation de l'adulte, en ce qui concerne les organes génitaux particulièrement. « Ce que Mégnin appelle l'ouverture buccale, dit Saeftigen, n'est que la lumière de la partie basilaire du cou invaginé, et le pharynx qu'il décrit correspond au cou lui-même auquel les deux lemnisques s'insèrent, comme cela

arrive du reste quand le cou est invaginé chez l'*E. angustatus* adulte... »

En décrivant une ouverture buccale aux larves d'Echinorhynques qu'il a étudiées, Mégnin aurait été victime d'une illusion d'optique d'après Saeftigen. Pour ma part, en étudiant chez le barbeau les kystes qu'on trouve en si grande abondance dans le péritoine de ce poisson, je suis arrivé à des résultats complètement différents de ceux de Mégnin. Car non seulement je ne trouve pas d'ouverture buccale chez ces larves, mais même j'observe que la plupart d'entre-elles ne possèdent pas encore les lemnisques, au moment où elles subissent la dégénérescence spéciale que je décrirai tout à l'heure et qui indique qu'elles ont cessé de vivre.

Les kystes les plus petits (fig. 14 *a*), dont le diamètre ne dépasse pas quelques dixièmes de millimètre, apparaissent sous forme de petits points blancs à la surface de l'intestin et du péritoine. Ils présentent une enveloppe épaisse fournie de plusieurs lames concentriques d'un tissu conjonctif riche en noyaux, entourant une masse centrale granuleuse formée par la réunion d'un grand nombre de petites cellules, à contours mal définis et dont les noyaux ont une taille très exigue. Cette masse cellulaire, sphérique dans les plus jeunes kystes, devient ovoïde (*b*), puis se différencie dans les kystes un peu plus âgés pour donner naissance à une trompe d'Echinorhynque sur laquelle apparaissent les crochets caractéristiques. Les crochets se montrent d'abord dans la partie qui correspond à l'extrémité antérieure de la trompe, puis se forment successivement d'avant en arrière. Bientôt on voit apparaître à l'extrémité postérieure de la trompe un petit bourgeon (*d*) qui s'allonge peu à peu (*e* et *f*), mais sans s'élargir, et qui refoule souvent devant lui la paroi du kyste, laquelle présente alors extérieurement une bosselure ou une proéminence plus ou moins marquée. Dans certains de ces kystes, on trouve en arrière de la trompe un élargissement annulaire analogue à celui qu'on connaît chez l'*E. proteus* adulte. Le prolongement qui fait suite à la trompe est creux et il renferme un cordon central qui correspond au cordon génital. Les coupes montrent que la trompe développée dans ces kystes offre une structure analogue à celle de la trompe chez l'adulte. L'organisme ainsi formé dans le kyste présente donc une région anté-

rieure bien développée et ressemblant d'une manière étonnante à la tête d'un Echinorhynque adulte, et une région postérieure réduite à un prolongement très grêle, arrondi et un peu renflé à son extrémité, plus étroit que la trompe dont il paraît souvent n'être qu'un appendice peu important. La longueur de cet appendice est variable; elle peut être le double de celle de la trompe.

J'ai examiné un grand nombre de barbeaux renfermant chacun plusieurs milliers de kystes, et je n'ai recontré qu'un seul kyste, un peu plus gros que les autres, qui renfermât un animal pourvu de lemnisques: ceux-ci prenaient naissance en arrière de la trompe, s'étendaient jusqu'à une certaine distance de l'extrémité du prolongement postérieur, et présentaient la même structure que chez l'adulte. Les lemnisques, lorsqu'ils existent dans ces kystes, doivent donc faire leur apparition fort tard.

Comme on peut le voir sur les dessins que je donne de ces kystes, la masse cellulaire centrale n'est pas toute entière employée à la formation du rudiment d'Echinorhynque. Dans les kystes jeunes comme dans les plus avancés, il reste toujours, entre la paroi du kyste et la petite larve qu'il renferme, une masse grisâtre, finalement granuleuse, représentant la partie non utilisée de la masse centrale.

Je laisse de côté pour le moment l'étude des transformations histogéniques qui se passent dans ces kystes, transformations qui paraissent être très complexes et assez difficiles à suivre. Mes observations sur ce point ne sont pas encore terminées. Cependant j'ai constaté déjà quelques faits intéressants, et j'espère pouvoir compléter cette étude prochainement et m'aider dans l'interprétation des faits, par l'étude que je compte faire des larves enkystées chez le Gammarus et l'Asellus.

Quelle est la destinée de ces kystes? Lorsqu'on choisit les kystes les plus gros pour en reconnaître la structure, on s'aperçoit bien vite qu'un petit nombre d'entre eux présentent des éléments intacts et une consistance qui permettent de le débiter en coupes. Presque tous les kystes d'une certaine taille ont une coloration jaune assez foncée; ils sont durs, se laissent écraser difficilement et couper plus difficilement encore. Le rudiment d'Echinorhynque paraît avoir subi une dégénérescence spéciale qui le rend dur et cassant; la forme générale est encore conser-



vée mais les tissus ne présentent plus d'éléments distincts, et sont transformés en une substance colorée en jaune et d'apparence vitreuse. Cette transformation s'effectue d'abord dans la masse centrale qui persiste autour de la petite larve : dans la figure 14, *f*. j'ai représentée par une teinte plus foncée la portion de cette masse atteinte par cette dégénérescence, qui plus tard envahira le rudiment d'Échinorhynque à son tour.

Si l'on remarque que le plus grand nombre des kystes possédant une certaine taille subissent ou ont subi cette dégénérescence particulière, on est obligé d'admettre que le petit Echinorhynque qui avait commencé à se développer ne peut dépasser un certain état; qu'arrivé à ce stade il doit fatalement périr et qu'alors ses tissus tombent en dégénérescence et se désorganisent.

D'un autre côté, les Echinorhynques qu'on trouve dans le tube digestif du barbeau, fixés aux parois de l'intestin, proviennent incontestablement de larves dont les premiers développements se sont effectués dans un Gammarus ou un Asellus. J'ai recueilli, fixés à la muqueuse intestinale du barbeau, des Echinorhynques de toutes tailles, depuis des individus n'ayant qu'un ou deux millimètres de longueur jusqu'aux plus grands. Il me paraît donc impossible d'admettre que les kystes, qu'on trouve dans l'épaisseur du péritoine, sont des larves enkystées qui atteindraient leur état adulte dans le tube digestif, ou en d'autres termes, que les kystes sont une phase de développement *nécessaire* des animaux qui, à leur état adulte, se fixent à la face interne de la paroi intestinale. On ne s'expliquerait pas comment ces larves se débarrasseraient de leur enveloppe et pénétreraient dans l'intestin. D'ailleurs, nous avons vu que les kystes ne dépassaient jamais une certaine grosseur, et qu'à un moment donné les petites larves qu'ils renfermaient tombaient en dégénérescence.

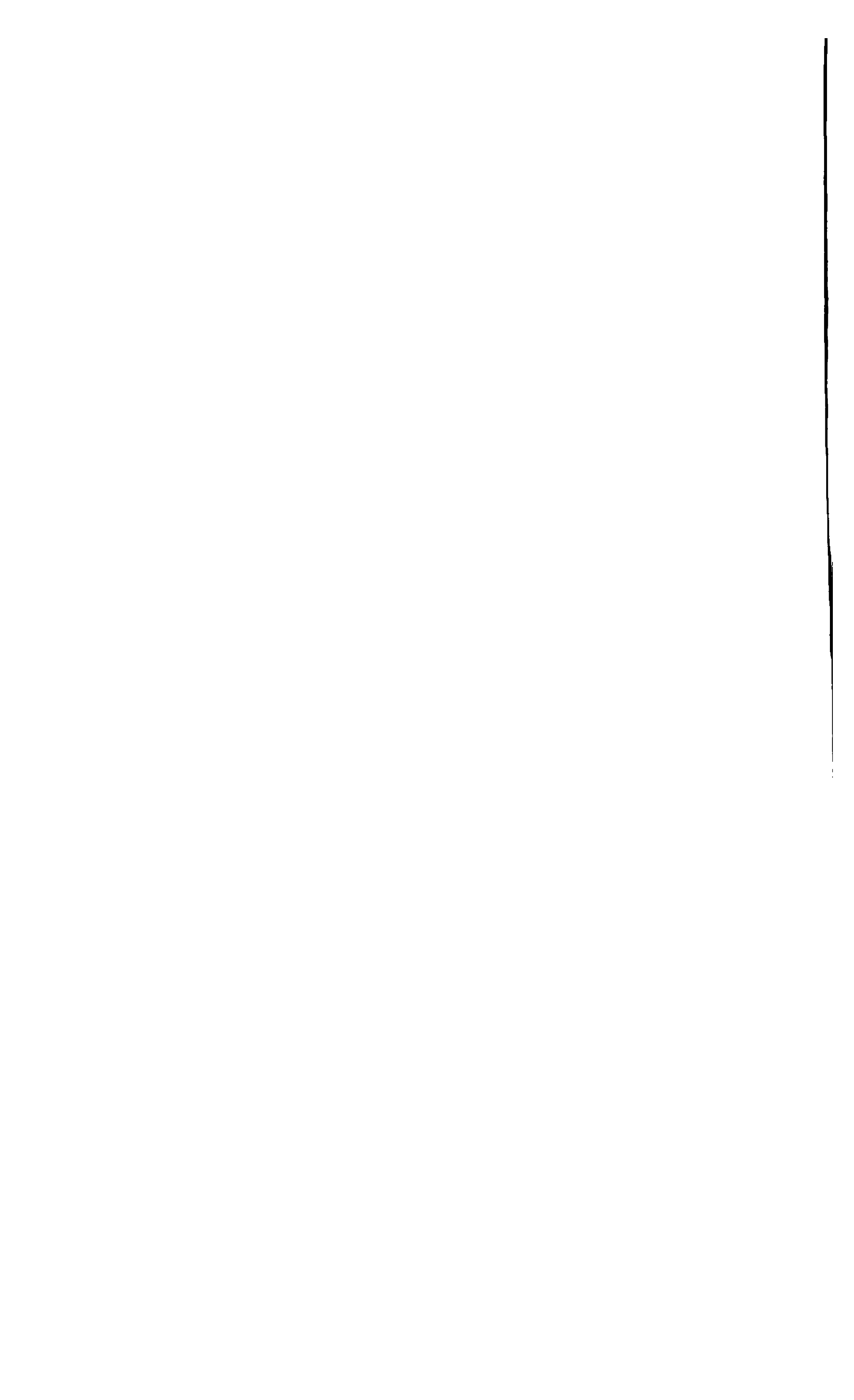
Les Echinorhynques fixés dans le tube digestif ne proviennent donc pas des kystes qui subissent un commencement de développement dans le péritoine. Mais qu'elle est l'origine de ces kystes? C'est ce que je ne puis encore expliquer. Proviennent-ils de larves formées dans le Gammarus qui, au lieu de se fixer à l'intestin du barbeau, en traversent les parois et viennent s'égarer dans la cavité abdominale où elles s'enkystent? Cette

hypothèse est assez vraisemblable, mais nous n'avons aucune preuve à donner en sa faveur.

Mais quelle que soit l'origine des *germes* d'Echinorhynques qui arrivent au milieu du péritoine chez le barbeau, l'étude des kystes qui en résultent est intéressante à deux points de vue. D'abord elle nous fournit l'exemple d'un parasite qui subit un commencement de développement dans un animal qui *devrait* être son hôte définitif, mais qui, ne trouvant pas de conditions favorables à son évolution dans la région où il se trouve, s'arrête en route avant d'avoir atteint l'état adulte, et, ordinairement, avant même d'avoir acquis les lemnisques. Ensuite, elle nous montre que ces larves, pas plus que les formes adultes, ne possèdent à aucun moment de tube digestif et que le rapprochement que Mégnin avait voulu faire entre les Echinorhynques et les Trématodes ne s'appuie sur aucun fait.

Cette conception de Mégnin qui voulait voir dans les lemnisques les restes plus ou moins atrophiés d'un tube digestif bifurqué n'est, d'ailleurs, pas absolument neuve, et la même idée avait déjà été exprimée sous une forme un peu différente par Weinland (1) dans une note dont Mégnin paraît avoir ignoré l'existence ou, du moins, qu'il ne cite pas. Cet auteur, à la suite de recherches sur une espèce d'Echinorhynque parasite de l'*Emys serrata* (*E. hamulatus?*) et sur une espèce trouvée chez le *Lophius piscatorius*, est arrivé à cette conclusion que les lemnisques constituaient l'appareil digestif de ces Helminthes; aussi les décrit-il sous le nom d'estomacs. Il accorde même généreusement deux ouvertures buccales à ces Echinorhynques qui se trouvent ainsi mieux partagés que les autres animaux. Seulement, tandis que Mégnin place l'ouverture buccale à l'extrémité de la trompe, Weinland admettait qu'il existait une bouche au niveau de l'insertion de chaque estomac (lemnisque) sur la paroi du corps, à la base du cou. Les estomacs, dit Weinland, sont remplis par une matière granuleuse brunâtre; les granules irréguliers flottent dans un liquide transparent, et l'on peut quelquefois faire sortir le contenu de l'estomac par l'ouverture buccale correspondante en comprimant le couvre-objet. La structure de ces estomacs est très curieuse : ce ne sont

(1) Weinland. On the digestive apparatus of the Acanthocephala. Proc. Amer. assoc. X. 1856.



point de simples sacs, car ils renferment un réseau de tubes fins avec un canal central plus gros donnant des ramifications. Ces tubes sont reliés au voisinage de la bouche avec le système vasculaire des téguments. Les substances digérées dans les estomacs peuvent donc passer directement dans le système circulatoire.

Cette particularité, que les lemnisques s'ouvrent à l'extérieur, constatée par Weinland dans deux espèces d'Echinorhynque est intéressante : mais conclure qu'un organe, ayant d'ailleurs une structure très particulière, est un appareil digestif par ce qu'il possède une ouverture externe, c'est évidemment aller un peu trop loin. L'observation de Weinland paraît plutôt confirmer l'opinion des naturalistes qui ont considéré les lemnisques comme des organes d'excrétion, puisqu'elle prouve que ces organes peuvent, chez certaines espèces, rejeter au dehors les produits qui prennent naissance dans leur intérieur.

Il faut donc bien admettre que les Echinorhynques n'ont pas de tube digestif, pas plus à l'état de larve qu'à l'état adulte, en dépit des efforts faits par certains zoologistes pour en retrouver les traces. Ces recherches avaient d'ailleurs un but parfaitement louable, car la découverte bien établie d'un tube digestif chez les Echinorhynques aurait pu fournir des renseignements fort importants sur la place qu'il convient d'attribuer à ces helminthes dans la classification. Les recherches auxquelles je me suis livré sur les Echinorhynques ont eu pour objet un nombre de types trop restreint pour que je sois en mesure d'apporter des documents nouveaux sur cette question : mais je dois, en terminant ce travail, présenter quelques remarques sur les affinités possibles de ces êtres.

Un certain nombre d'auteurs, Mégnin par exemple, ont rapproché les Echinorhynques des Trématodes ; ces naturalistes se fondaient sur des observations déjà critiquées par Saeftigen et sur l'exactitude desquelles j'élève aussi des doutes, étant arrivé de mon côté à des résultats complètement différents. D'autres naturalistes ont cherché à rapprocher ces êtres des Nématodes, en invoquant comme principal argument des ressemblances entre les éléments musculaires, ressemblances que nous avons vu être assez superficielles. D'ailleurs, rapprocher les Echinorhynques des Nématodes, c'est reculer la question sans la résoudre, puisque nous n'avons actuellement aucun renseigne-

ment sur la descendance des Nématodes. Mais personne ne paraît avoir tenu compte, ni même s'être souvenu, en discutant ces questions, des affinités des Echinorhynques, de l'existence d'un animal fort intéressant découvert par Lindemann, le *Paradoxites* (1). Je ne sache pas que ce curieux parasite ait été étudié depuis le mémoire de Lindemann ; il n'a peut-être jamais été revu. Bien que les recherches auxquelles cet auteur s'est livré soient fort incomplètes, puisqu'il s'est contenté de décrire la forme extérieure et les contours des organes internes sur des animaux étudiés par transparence, il convient de ne pas oublier que la découverte de Lindemann, qui paraît avoir été trop négligée, présente une réelle importance.

Le genre *Paradoxites* se distingue des autres Acanthocéphales par la forme aplatie du corps, divisé en anneaux très distincts ayant tous la même composition, sauf le premier et les trois derniers; de plus les individus sont hermaphrodites. Le premier anneau possède une trompe et un réceptacle de la trompe, ces deux organes ayant la même structure que chez les Echinorhynques. Mais ce que ce parasite offre de plus remarquable, c'est la disposition des organes génitaux qui consistent en une paire d'ovaires dans chaque anneau, tous ces organes venant déboucher dans deux canaux longitudinaux latéraux, et un long tube testiculaire qui part du fond du réceptacle, et qui présente un renflement au niveau de chaque anneau. Les oviductes et les canaux déférents débouchent à l'extérieur par un canal évacuateur unique. Enfin deux canaux latéraux, débouchant dans deux vésicules glandulaires qui s'ouvrent à l'extrémité postérieure du corps, paraissent constituer un appareil d'excrétion.

Une autre forme voisine du *Paradoxites*, l'*Ech. roseus, Diesing*, a été également étudiée par Lindemann; elle n'en diffère que par l'absence de division du corps en anneaux. Cette forme serait donc mieux à sa place dans le genre *Paradoxites* où elle formerait une troisième espèce, que dans le genre *Echinorhynchus*.

Il y a malheureusement bien des lacunes dans les recherches de Lindemann : ainsi il ne dit rien des lemnisques, organes

(1) *Lindemann, Zur Anatomie der Acanthocephalen.* Bull. Soc. imp. nat., Moscou, t. 38, 1865.

si caractéristiques des Echinorhynques, et il ne nous donne aucun renseignement sur l'histologie de ces curieux parasites. On s'étonne de leur trouver une glande albumineuse dans le premier anneau, glande située par conséquent en avant des ovaires, au lieu de leur succéder. Malgré les connaissances insuffisantes que nous possédons, il est incontestable que le *Paradoxites* a des affinités très étroites avec les Cestodes, comme l'indiquent la segmentation du corps, l'hermaphroditisme et la constitution des organes génitaux, et que, d'autre part, ce type est bien un Echinorhynque, ainsi que le prouve l'existence d'une trompe renfermée dans un réceptacle, et qui peut s'invaginer et s'évaginer par le même mécanisme que chez les Echinorhynques. La forme des œufs est aussi celle qu'on trouve habituellement chez ces derniers animaux et non chez les Cestodes.

Il paraît donc assez probable qu'on trouvera dans l'étude du *Paradoxites* la solution de la question qui nous occupe. Nous avons maintenant des renseignements suffisants sur son organisation, pour supposer que l'étude de ce ver serait féconde en résultats, mais nous savons encore trop peu de choses pour conclure, d'ores et déjà, à la descendance des Echinorhynques. S'il est prouvé un jour que le *Paradoxites* n'est pas une forme palingénésique, on pourra alors chercher ailleurs les affinités des Echinorhynques, se demander par exemple si ces êtres ne descendent pas de vers oligomériques tels que les Géphyriens, et si les lemnisques ne représentent pas des organes segmentaires. Mais, je le répète, comme le *Paradoxites* paraît constituer une forme de passage toute naturelle entre les Echinorhynques et les Cestodes, il convient d'attendre, avant de formuler aucune hypothèse, qu'une étude complète ait pu être faite de cet intéressant parasite.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Andres, A. — Uber den weiblichen Geschlechtsapparat des Echinorhynchus gigas. *Morphol. Jahrbuch*, IV, 1878.

Baltzer, Carl. — Zur Kenntniss der Echinorhynchen. *Archiv. f. Naturgesch.*, XLVI, 1880.

Blanchard E. — Recherches sur l'organisation des vers. *Ann. Sc. nat. Zool.* Série 3, T. VII, 1847.

Chapman, C. — On Echinorhynchus moniliformis. *Proc. Acad. Nat. Sc Philadelphia*, 1875.

Cloquet J.— Anatomie des vers intestinaux, *Ascaride lombricoïde et Echinorhynque géant*. Paris, 1824.

Greef, R. — Untersuchungen über den Bau und die Naturgeschichte von E. milarius, Zenker, (E. polymorphus). *Archiv. f. Naturg.*, XXX, 1864.

Jarschinsky. — Arbeiten der Petersburger Versammlung russicher Naturforscher. Pétersbourg, 1868.

Lespès, Ch. — Sur quelques points de l'organisation des Echinorhynques. *Jour. de l'Anat. et de la Physiol.*, I, 1864.

Leuckart, R. — Helminthologische Untersuchungen, III. Ueber Echinorhynchus. *Göttingen Nachrichten*, 1862.

Leuckart, R. — On the Development of Echinorhynchus. *Quart. Journ. Micr. Soc. New. Ser.*, VII, 1863.

Leuckart, R. — De statu et embryonali et larvali Echinorhynchorum eorumque metamorphosi. — *Akadem. Program. Leipzig*, 1872.

Leuckart, R. — Die menschlichen Parasiten, I, *Leipzig*, 1876.

Lindemann, C.— Zur Anatomie der Acanthocephalen. *Bull. de Société impér. des naturalistes de Moscou*, XXXVIII, 1865.

Linstow, L. — Zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Ech. angustatus. *Archiv. f. Naturg.*, XXXVIII, 1872.

Mégnin, P. — Recherches sur l'organisation et le développement des Echinorhynques. *Bull. de Soc. zoologique de France*, V, 1882.

Pagenstecher, H. — Zur Anatomie von Ech. proteus. *Zeitsch. f. w. Zoologie*, XIII, 1863.

Salensky, W. — Recherches sur l'organisation de l'Ech. angustatus (en russe). *Verhandl. der Russ. Naturf. Vers. Kiew.*, 1873.

Schneider, Ant. — Uber den Bau der Acanthocephalen. *Arch. f. Anat.*, 1868.

Schneider. Ant.— Acanthocephala. *Sitzungsb. d. Oberhess. Gessels. f. Naturg.*, 1871.

Wagener, G.— Helminthologische Bemerkungen; *Zeitsch. f. w. Zoologie* IX, 1858.

Weinland, D.-F. — On the digestive apparatus of the Acanthocephala. *Proc. Amer. assoc.*, X., 1856.

EXPLICATION DES PLANCHES

Lettres communes à tous les dessins

b. — Bourse génitale.

b. l. — Bandes longitudinales formées par le développement des cellules musculaires chez l'*E. heruca*.

c. — Cavités des fibres musculaires.

c. b. — Eléments particuliers (cellulaires?) entre la couche musculaire et la couche tégumentaire de la bourse chez l'*E. gigas*.

c. l. Canaux latéraux de l'*E. gigas*; *c. l. n.*, les noyaux qu'ils renferment.

c. m. — Canaux médians.

c. l. m. — Cellules de la couche musculaire longitudinale.

c. t. m. — Cellules de la couche musculaire transversale.

cu. — Cuticule.

d. Canal déférent.

f. e. Fibres musculaires entre-croisées formant la couche externe des tissus sous-cuticulaires.

g. g. — Ganglion génital.

g. m. — Enveloppe musculaire du cordon génital.
g. t. — Ganglion placé à la base de la trompe.
k. — Glandes annexes de l'appareil génital mâle; *k'*, leurs conduits excréteurs.
j. — Canal éjaculateur.
l. — Lemnisques.
l. m. — Manteau de lemnisques.
l. l. — Muscles longitudinaux à cavité considérablement élargie, de chaque côté des canaux latéraux chez l'*E. gigas*.
m. b. — Paroi musculaire de la bourse.
m. l. Fibres musculaires longitudinales; *m' l'*, fibres longitudinales de la face externe des canaux latéraux.
m. t. — Fibres musculaires transversales.
n. c. — Noyaux des vaisseaux sous-cuticulaires.
n. l. — Noyaux des vaisseaux des lemnisques.
p. — Membrane péritonéale recouvrant la face interne des muscles longitudinaux chez l'*E. gigas*.
p. r. — Protoplasma à l'intérieur des fibres musculaires.
r. — Réceptacle de la trompe.
r. c. — Couche interne à fibres radiaires des tissus sous-cuticulaires.
r. l. — Muscles longitudinaux annexés au réceptacle de la trompe chez l'*E. gigas*.
r. t. — Muscles rétracteurs de la trompe.
r. v. — Muscle rétracteur central de la trompe chez l'*E. gigas*; *r. s.*, bordure qu'il présente sur son bord interne.
s. — Protoplasma entourant les fibres musculaires de l'*E. gigas* (neuro-sarcolemme de Schneider).
s. m. — Sac musculaire annexé au cordon génital.
t. — Testicule.
t. b. — Couche tégumentaire de la bourse.
v. c. — Vaisseaux sous-cuticulaires.
v. l. — Vaisseaux de lemnisques.

Planche XXVIII.

Fig. 1. — Coupe transversale des parois du corps d'un *Ech. gigas* femelle, montrant les deux couches de muscles, un canal latéral et les deux fibres longitudinales considérablement élargies qui se trouvent de chaque côté du canal latéral. G = 60.

Fig. 2. — Coupe transversale de la paroi du corps d'un *Ech. heruca* au niveau d'une bande longitudinale. G = 105.

Fig. 3. — Coupe transversale des deux couches musculaires et d'un canal latéral de l'*Ech. gigas* mâle. G = 66.

Fig. 4. — Coupe transversale des téguments et des deux couches musculaires d'un *Ech. gigas* mâle avec le canal longitudinal médian G = 60.

Fig. 5. — Deux noyaux musculaires de l'*Ech. proteus*. G = 310.

Fig. 6. — Coupe transversale du réceptacle de la trompe de l'*Ech. heruca* au niveau du ganglion nerveux. G = 80.

Fig. 7. — Coupe transversale d'un *Ech. heruca*, montrant les lemnisques, le réceptacle de la trompe et les deux bandes cellulaires longitudinales. *b. l.* G = 30.

Fig. 8. — Coupe transversale d'un *Ech. gigas* passant vers le milieu du réceptacle de la trompe. G = 68.

Fig. 9. — Coupe horizontale (tangentielle) des téguments de l'*Ech. gigas* comprenant un canal latéral. G = 39.

PLANCHE XXIX.

Fig. 10. — Coupe longitudinale d'un canal médian et des deux couches musculaires chez un *Ech. gigas* mâle. G. = 40.

Fig. 11. — Coupe longitudinale de la paroi du corps de l'*Ech. heruca* G = 105.

Fig. 12. — Coupe longitudinale sagittale de la région postérieure du corps d'un *Ech. heruca*, pour montrer l'ensemble des organes génitaux. G = 22.

Fig. 13. — Coupe longitudinale d'un canal latéral et des deux couches musculaires chez l'*Ech. gigas*. G = 32.

Fig. 14. — Cinq kystes à différents stades de développement du péritoine du Barbeau. G = 26.

Fig. 15. — Coupe transversale du cordon génital d'un *Ech. gigas* mâle, au-dessus du point de réunion des canaux excréteurs des glandes annexes. G = 50.

Fig. 16. — Coupe transversale de la partie supérieure de la bourse génitale de l'*Ech. gigas*. G = 50.

Fig. 17. — Coupe transversale de la partie inférieure de la bourse de l'*Ech. gigas* montrant les éléments particuliers *c. b.* (cellules glandulaires ?) G = 77.

Fig. 18. — Coupe transversale du réceptacle de la trompe de l'*Ech. gigas* au niveau du ganglion nerveux. G = 90.

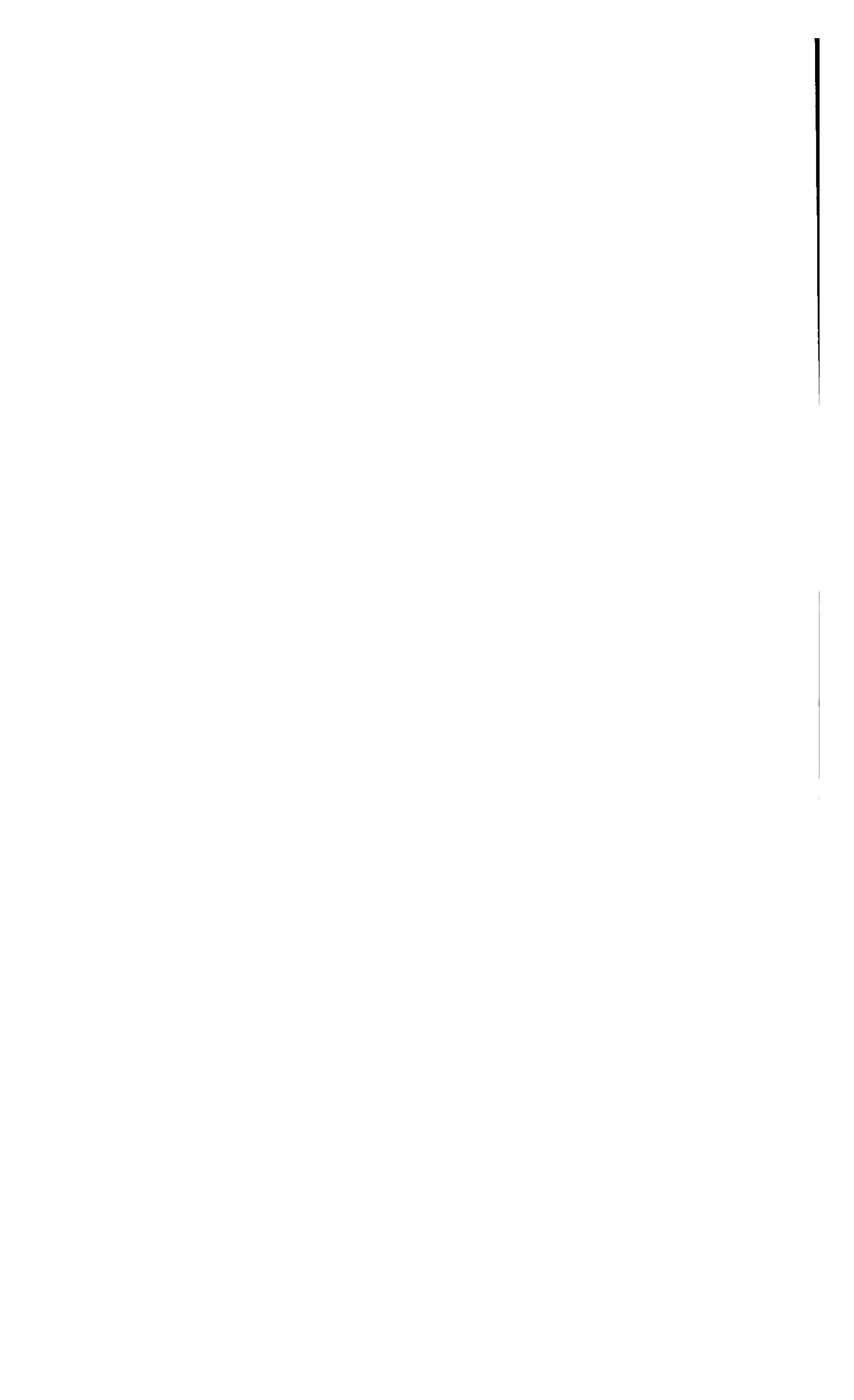
Fig. 19. — Coupe transversale du canal longitudinal médian et des deux couches musculaires chez un *Ech. gigas* femelle. G. = 60.

Fig. 20. — Coupe transversale d'un lemnisque d'*Ech. heruca*. G = 210

Fig. 21. — Portion marginale de la coupe transversale d'un lemnisque d'*Ech. gigas*. G = 210.

Fig. 22. — Coupe horizontale (tangentielle) des téguments et des couches musculaires de l'*Ech. heruca*. G = 72.

Fig. 23. — Coupe transversale d'une fibre musculaire circulaire de l'*Ech. gigas*. G = 195.



RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LES

FONCTIONS DU CŒUR CHEZ LE « CARCINUS MAENAS »

Par Henry DE VARIGNY
Docteur en médecine, docteur ès sciences.

Le travail qui suit n'est qu'un résumé d'expériences encore peu nombreuses, et qui restent à compléter, que j'ai entreprises durant un séjour sur les bords de la Manche en 1886. — Je me proposais d'abord d'étudier l'action de différents poisons sur le cœur des crustacés, mais chemin faisant, il m'a paru qu'il n manquait pas de faits à signaler dans l'activité physiologique normale de cet organe, avant d'aborder une étude toxicologique. Il était d'ailleurs logique d'adopter l'ordre de recherches que j'ai suivi ; aussi me suis-je aisément résolu à ne point poursuivre mon but originel, et à substituer l'étude du cœur normal à celle du cœur empoisonné. Celle-ci a d'ailleurs été faite avec beaucoup de soin par M. Plateau (1) pour plusieurs poisons, et je ne comptais qu'étendre le champ de ses recherches.

J'ai employé la même technique que ce dernier auteur, me servant d'un très léger levier horizontal, portant à angle droit une courte tige terminée par un petit plateau qui porte directement sur le cœur de l'animal en expérience. C'est l'appareil classique, et extrêmement simple, depuis longtemps employé pour l'inscription graphique des mouvements cardiaques de la grenouille, et pour l'inscription des pulsations cardiaques des crustacés par M. Plateau. Mon appareil a été disposé de façon à ce que les tracés soient tous comparables entre eux, la longueur des deux portions du levier étant invariables, et leurs rapports réciproques ne changeant jamais. L'inscription se faisait par l'extrémité libre du levier sur un papier enfumé enroulé sur le cylindre du régulateur de Foucault (nouveau petit modèle)

(1) *Recherches physiologiques sur le cœur des crustacés décapodes.* — Archives de biologie, t. I, f. IV, 1880.

fabriqué par M. Verdin, et prêté par lui avec une obligeance que je suis heureux de reconnaître.

Le cœur de l'animal était toujours largement mis à découvert; et l'animal lui-même était immobilisé. Ayant opéré tout d'abord sur des crabes assez petits, et désireux d'effectuer le mieux possible le mélange du sang avec le poison, j'ai fait mes premières expériences avec des animaux à péricarde largement ouvert, où le levier portait directement sur le ventricule. Pour empêcher le sang de sortir du cercle sanguin, j'entourais l'orifice péricardiaque d'un petit rempart de cire destiné à empêcher l'effusion au dehors. Toutes mes expériences ont été faites dans les mêmes conditions, véritablement pathologiques. J'ajouterai que le crabe était toujours hors de l'eau, pour éviter le contact de l'eau de mer avec le cœur, et les perturbations qui en pourraient résulter; mais, même dans mes expériences les plus longues (une heure ou une heure et demie de durée), je n'ai jamais constaté d'accidents qui me parussent imputables à de l'asphyxie.

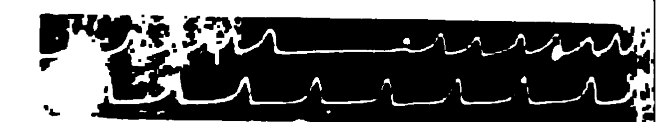
Dans la note qui suit, je m'occuperai exclusivement des caractères que présente la pulsation cardiaque dans les conditions où je l'ai étudiée, conditions qui sont loin d'être normales, à cause des opérations auxquelles il faut soumettre l'animal.

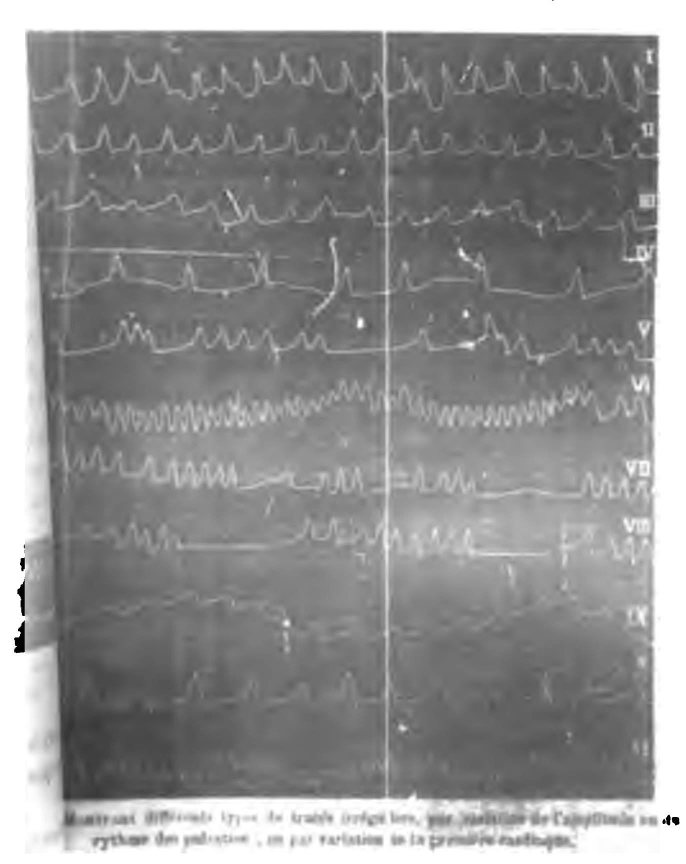
J'ai constaté de très grandes différences dans les tracés graphiques fournis par les différents crabes sur lesquels j'ai opéré; ces différences portent sur le rythme, le nombre, l'amplitude et la forme.

Occupons-nous d'abord du rythme. — Les chiffres extrêmes que j'ai constatés diffèrent considérablement : ce sont 13 et 150 pulsations par 90 secondes (je choisis cette unité de temps parce que c'est la durée de la révolution complète du cylindre employé). — Ces chiffres se rapportent à des débuts d'expérience : cela est à noter. Dans aucun cas, et à aucun moment, d'une expérience quelconque, je n'ai vu le chiffre des pulsations dépasser 150; par contre, il peut s'abaisser au-dessous de 13, très sensiblement: il suffit pour cela de prolonger l'expérience plus que je ne le faisais habituellement, et le ralentissement agonique sera considérable. — Entre ces deux chiffres extrêmes de 13 et 150, j'ai observé beaucoup d'intermédiaires, mais il n'en est aucun qui se soit présenté avec assez









Montrant différents types de tracés irréguliers, par variation de l'amplitude ou du rythme des pulsations, ou par variation de la [illegible] cardiaque.

sumé, le rythme cardiaque varie beaucoup chez les crabes étudiés. Il varie chez un même animal sous l'influence [illegible]es extérieures appréciables, il varie selon les sujets, il [illegible] chez chaque sujet au [illegible] d'une même expérience,





[illegible] exceptionnels et [illegible] Il arrive
[illegible] souvent [illegible] considérablement le



sous l'influence de la fatigue sans doute, et des troubles anatomiques et physiologiques dus à l'intervention opératoire.

Malgré la possibilité de variations notables, sous l'influence de causes mal appréciables, il y a certainement, d'après mes expériences, des différences très nettes dans les tendances des tracés cardiaques des différents crabes que j'ai examinés. Tels donnent un graphique généralement régulier et chez d'autres l'irrégularité et la variabilité sont la règle.

La figure 6 représente un certain nombre de types de pulsation irrégulière. On voit que les irrégularités sont de diverse nature. Ici c'est le rythme qui change; l'intervalle entre deux pulsations varie : celles-ci se produisent souvent par séries séparées par des intervalles plus ou moins longs (tracés V, VII, VIII, fig. 6). D'autres fois, la pression cardiaque change considérablement, d'où une forme ondulée dans le graphique (tracés I, IV, VI, IX, XI de la fig. 6). Ailleurs l'amplitude des pulsations varie (tracés II et X de la fig. 6). Enfin la forme des pulsations est soumise à des changements considérables : la durée, l'amplitude et les rapports réciproques des systoles et diastoles varient dans des proportions considérables, comme le montre l'ensemble de la figure 6, et comme on peut le voir dans d'autres figures.

La figure 7 représente différents types de pulsations régulières.



Fig. 7. — Montrant différentes formes de tracés réguliers, de rythme et d'amplitude variables.

lières. Il en est plusieurs dans lesquels l'uniformité est parfaite :

les pulsations se succèdent à des intervalles égaux, avec une même amplitude, une forme identique. Mais, dans mes expériences du moins, telles que je les ai pratiquées, ce sont là des

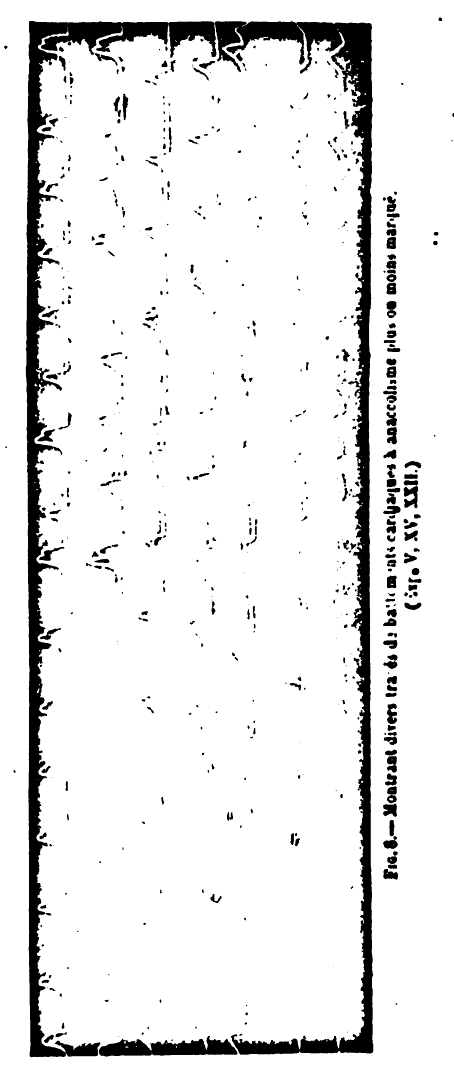
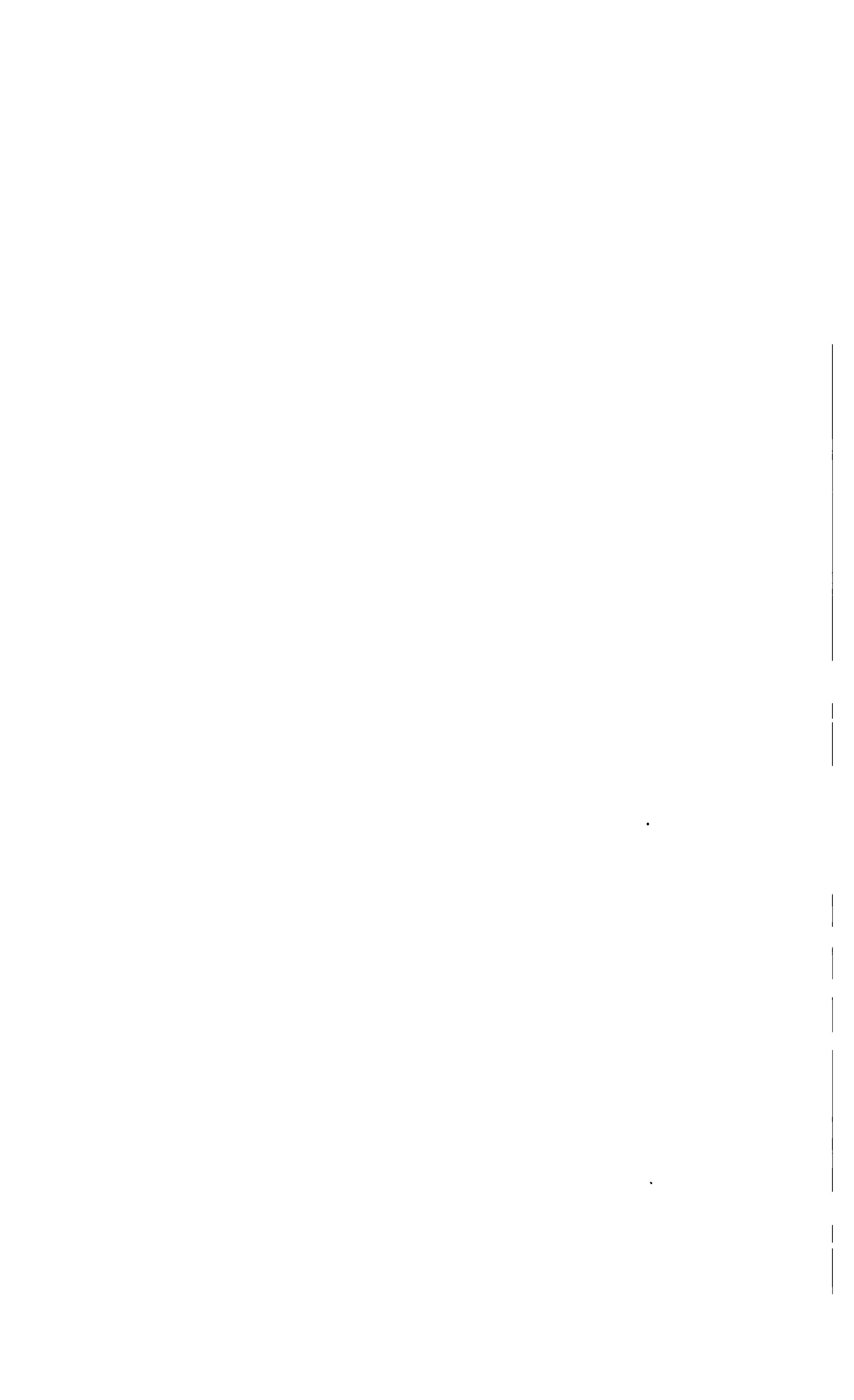


Fig. 8. — Montrant divers tracés de battements cardiaques à anacrotisme plus ou moins marqué. (Exp. V, XV, XXII.)

cas exceptionnels et nous ne saurions nous en étonner. Il arrive le plus souvent qu'un graphique change considérablement de





caractères d'un moment à un autre, sans causes extérieures bien applicables parfois, ou sous l'influence de modifications évidentes, accidentelles, ou voulues. J'ai pourtant des graphiques indiquant le but à la fin de l'expérience, une remarquable uniformité; dans ces cas, il n'y a pas eu de changements de circonstances fortuites ou volontaires, mais ce sont là des cas exceptionnels.

Si l'on prend les chiffres extrêmes relevés dans le tableau qui termine cette note, l'on constate que, dans les conditions expérimentales, tout au moins, le rythme cardiaque varie à un degré considérable : il peut s'abaisser jusqu'à 18 par 90 secondes, et s'élever jusqu'à 150, c'est-à-dire devenir voisin du rythme cardiaque des animaux chez lesquels il est le plus rapide, sans cependant atteindre la rapidité qu'il présente chez le nouveau-né, chez le chat, le lapin, ou les oiseaux de petite taille. Parmi les phénomènes d'irrégularité de fonctionnement cardiaque, il en est deux qui m'ont paru plus particulièrement intéressants. Je veux parler des cas où la pulsation se fait en deux temps, où le pouls est *anacrote*, et de ceux ou la pulsation cardiaque présente des pauses plus ou moins marquées.

Dans le premier cas la phase systolique — car c'est sur elle seule que porte le dédoublement, est divisée en deux : la sys-

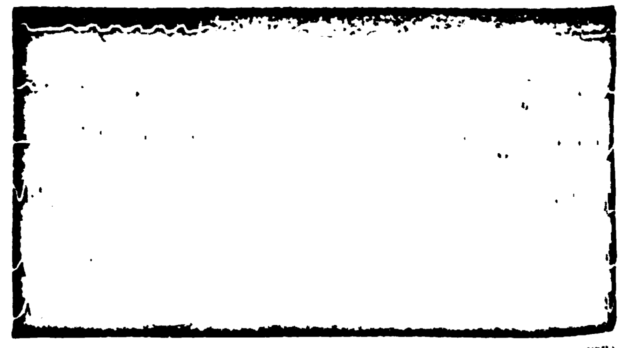


FIG. 9. — Montrant divers exemples de pauses cardiaques. (Exp. V, XV, XVIII, XXII.)

tole s'accomplit en partie, à moitié, puis s'interrompt un moment et la diastole commence; mais cette interruption est de courte durée : la systole reprend et s'achève, pour faire ensuite place à la diastole définitive. Ce phénomène est plus ou moins

marqué, mais jamais je ne l'ai vu plus prononcé qu'il le peut devenir chez l'homme où l'on rencontre parfois des exemples d'anacrotisme complet de pulsation véritablement double.

La figure 9 renferme divers exemples de pauses du cœur. — Celui-ci, au lieu de battre d'une façon absolument rythmique, produit des séries de battements séparées par des pauses correspondant à la durée de 2, 3, 4 ou 5 battements environ.

Tantôt le premier battement d'une série est plus faible que le dernier de la série précédente; d'autres fois l'amplitude est la même : jamais il n'est plus ample, sauf de rares, très rares exceptions. A cet égard, le cœur fonctionne comme le fait la respiration du dormeur qui présente des intermittences respiratoires : le réveil de l'activité est faible et va s'accentuant au fur et à mesure.

Pour compléter ce que j'ai dit plus haut des variations du rythme cardiaque, il faut donner quelques notions sur la valeur et le sens général de celles-ci au cours d'une même expérience. D'une façon générale, le rythme va se ralentissant du début à la fin de l'expérience, quand il ne survient aucune cause de perturbation. C'est ce que l'on peut constater en examinant le tableau ci-joint (exp. 2, 3, 5, 15, 18, 21). Mais il arrive souvent qu'à un moment donné, sans cause bien appréciable, le rythme change très notablement et devient tout autre que ce que l'on attend. C'est ainsi qu'il se produit des accélérations très marquées, comme dans les expériences 6, 7, 11, 12, 14, etc. Ces accélérations (pendant lesquelles l'amplitude diminue en général) sont suivies d'un ralentissement graduel qui ramène le rythme antérieur, ou même un rythme sensiblement plus lent. C'est là un fait qu'il importe d'avoir présent à la mémoire quand l'on fait des expériences toxicologiques, pour ne point se hâter d'interpréter celles-ci avant que les mêmes résultats n'aient été obtenus dans de nombreuses épreuves : l'on risquerait de se tromper et d'attribuer au poison un effet qui ne lui est pas imputable.

A l'égard des variations de rythme dues aux excitations douloureuses, voici quelques chiffres indiquant le rythme avant et après les excitations, pour une même unité de temps (une dizaine de secondes).

Exp. VII........	9 avant les excitations.	14 après.	
Exp. XII........	5	— .	6 —
—	9	— .	7 —
—	5	— .	7 —
Exp. XVI........	3	— .	5 —
—	4	— .	9 —
—	7	— .	7 —
—	17	— .	18 —

L'on voit que le plus souvent les excitations ont pour résultat d'accélérer le rythme cardiaque.

Parfois cependant, il n'a produit aucune altération : d'autres fois il s'en produit, mais en sens inverse de celle que nous avons signalée : les excitations fortes provoquent souvent un arrêt temporaire du cœur : après cet arrêt, les pulsations sont généralement plus nombreuses qu'avant l'excitation, c'est ce qui s'est passé dans l'Exp. XII (9 avant et 7 après). Si je n'avais pas tenu compte de l'arrêt, le dernier chiffre serait supérieur au premier. Notons encore, en fait d'irrégularités cardiaques, l'assez fréquente occurence du pouls alternant (Traube) où les pulsations sont alternativement amples et petites (voir la figure 6 en particulier).

J'ai tenu à rapporter les faits qui précèdent pour que l'on ne soit pas tenté, après des expériences toxicologiques, à tirer des phénomènes observés, des conclusions trop hâtives. En effet, des phénomènes que l'on croirait pouvoir attribuer à l'action du poison peuvent fort bien être normaux, ou du moins non toxicologiques : mes expériences le prouvent. Il faudra donc multiplier les expériences avant de conclure à l'action spéciale d'un poison quelconque. Du reste, l'étude toxicologique ne nécessite pas, comme je m'en suis assuré depuis, un traumatisme aussi considérable que celui que j'ai infligé à mes sujets. Avec de la précaution l'on isole fort bien le péricarde de la carapace, et le levier posé sur le péricarde inscrit parfaitement les pulsations du ventricule. Dans ce cas, l'irrégularité des battements cardiaques devient chose plus rare, et les modifications qui se produisent n'en ont que plus d'importance quand il s'agit d'un animal empoisonné. Du reste, je reviendrai sur ce sujet.

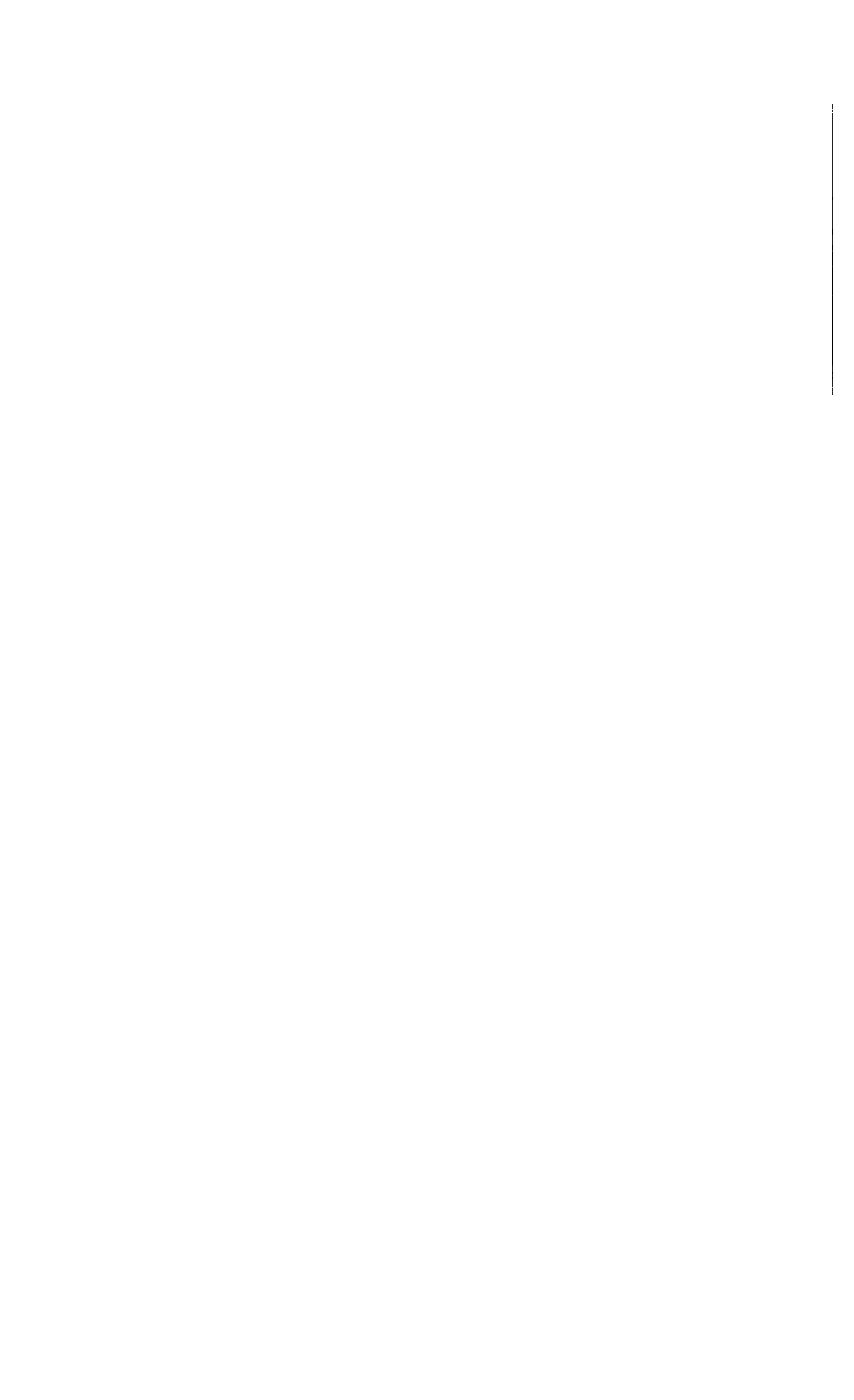
Mes expériences toxicologiques n'ont pas été très nombreuses : aussi n'en dirai-je qu'un mot ici : c'est un sujet qui appelle des

Numéro du tour du cylindre (chaque tour représente 90 secondes).

Les chiffres dans les colonnes verticales indiquent le nombre de battements cardiaques durant le tour correspondant.

Nos de l'expérience.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
I.	32	30	30	32	31	30	29	28	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
II.	150	93	68	45	38	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
III.	24	18	16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
IV.	72	79	80	72	92	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
V.	109	...	...	93	63	58	62	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
VI.	82	85	89	83	70	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
VII.	84	...	90	83	70	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
VIII.	150	id.	id.	id.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
IX.	62	52	62	71	61	50	49	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
X	130	...	...	98	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XI.	98	113	113	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XII.	69	71	60	55	35	38	34	(1)	(1)	(1)	35	35	32	40	38	130	171	id.	id.	id. (2)	43	43	39	42	..	43	32	...	...	...	...	...	...
XIII.	58	69	76	83	70	55	(3)	(3)	36	30	28	24	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XIV.	28	31	34	65	79	65	58	54	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XV.	107	id.	id.	...	98	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XVI.	(4)	(4)	144	...	121	...	100	...	40	41	...	44	(5)	21	19	22	27	...	29	...	...	29	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XVII.	74	64	54	58	59	...	...	68	63	61	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XVIII.	137	90	100	65	...	39	...	...	24	24	23	...	...	24	20	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XX.	41	37	41	42	43	42	45	49	...	...	47	...	47	...	43	...	...	...	31	...	...	33	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XXI.	133	...	...	...	...	...	150	...	107	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
XXII.	105	93	63	60	102	128	100	...	...	...	...	59	55	...	49	...	48	(5) 35	34	34	34	34	34 (7)	12	12	12	10	10	10	...	...	...	...
XXIII.	13	14	...	13	...	26	...	35	...	33	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

(1) Excitations douloureuses qui modifient la forme et le nombre des pulsations. — (2) Intervalle de 10 minutes. — (3) Mouvements spontanés de l'animal. — (4) Mouvements impossibles à compter. — (5) Intervalle de 10 minutes. — (6) Intervalle de 5 minutes. — (7) Intervalle d'une heure.



recherches plus approfondies. Le poison dont je me suis le plus occupé est la picoline. Cette substance est fort toxique, mais l'échantillon employé n'était plus très pur. La solution dont je me suis servi datait de loin, et avait acquis une coloration rosée indiquant des modifications chimiques.

Les phénomènes qui ont été plus particulièrement notés au cours des expériences faites avec ce produit, sont : l'irrégularité, l'affaiblissement, la présence de pauses, et de fréquents exemples d'anacrotisme. Mais mes expériences n'ont pas été assez nombreuses pour qu'il me soit légitimement permis de conclure que les phénomènes sont bien dus à une action spéciale de la picoline.

INAUGURATION DE LA STATUE DE BELON

AU MANS, LE 9 OCTOBRE 1887.

Discours de M. G. POUCHET

Professeur d'Anatomie comparée au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

Messieurs,

Malgré le désir que j'avais d'être simple assistant à cette touchante cérémonie, j'ai cédé aux sollicitations de ceux qui en ont été les plus zélés promoteurs. — Ils m'ont dit et j'ai compris qu'il appartenait au titulaire de la chaire d'Anatomie du Muséum de rappeler, devant cette statue, le rôle de celui qu'elle fait revivre dans l'histoire des connaissances que je suis spécialement chargé d'enseigner.

Et puis l'anatomie française doit une réparation à Pierre Belon. Cuvier, dans son *Histoire des Sciences*, parlant d'un des contemporains de notre héros avec lequel, d'ailleurs, il n'est pas sans quelques points de ressemblance, — parlant d'Ambroise Paré, Cuvier prête au grand chirurgien le mérite d'avoir déterminé les homologies du squelette de l'Oiseau, rapporté chacune de ses parties au squelette de l'Homme. C'était là, dit-il, « un commencement d'ostéologie comparée » (1). Sous la plume de l'auteur des *Ossements fossiles*, ces seuls mots suffisaient à consacrer une gloire. Or, il se trouve que cette gloire appartient à Belon et à Belon seul.

Il ne faut pas, cependant, que l'admiration, l'entraînement d'un jour comme celui-ci nous égarent. Belon, dont votre compatriote M. L. Crié a déjà si bien dit les titres divers à nos respects, Belon n'a pas plus inventé l'ostéologie comparée qu'il n'a, le premier, écrit sur l'anatomie des animaux. C'est assez que son nom marque, comme nous le verrons, dans cette science une ère nouvelle.

L'anatomie des animaux, que tout le monde appelle aujourd'hui l'Anatomie comparée, devait forcément précéder celle de l'Homme. Ses origines se perdent dans le passé lointain des civilisations grecques. Sortie tout à la fois — on excusera ce rapprochement qu'il serait trop facile de justifier — des sanctuaires et des échaudoirs; recevant sa première nomenclature — nous l'employons encore — des prêtres et des bouchers, elle fut de bonne heure enseignée dans les Écoles. Il y a plus de deux mille ans aujourd'hui qu'ont été composés les premiers traités d'anatomie (2), que l'organisation des Mollusques eux-mêmes soulève des polémiques et divise les naturalistes (3); il y a plus de deux mille ans qu'on dissèque et qu'on fait des dessins d'anato-

(1) *Hist. des sciences nat.*, 2e part., p. 42.

(2) Voy. Pouchet. *La biologie aristotélique*, 1 vol. Paris, Alcan.

(3) Voir les opinions opposées d'Aristote et de plusieurs de ses contemporains sur l'ovaire des Lamellibranches. Cf. Pouchet, *ibid.*, p. 6.

mie (1). Sans remonter aussi haut, douze siècles ne se sont ils pas écoulés depuis le temps où Galien décrivait le système nerveux des crabes (2) et demandait à l'organisation des singes le secret du corps humain ?

Il arriva même que, de tant de connaissances acquises, cette notion que l'Homme est fait comme les bêtes fut la seule à peu près qui survécut à la ruine du monde ancien et de l'ancienne anatomie. L'Anatomie comparée, au Moyen-Age ! mais je vous l'aurai redite toute entière en vous rappelant ce que nous conte un chroniqueur des croisades (3). Baudoin, le frère de Godefroy, avait été grièvement blessé d'un coup de pique. Le médecin qui le soignait, pour bien savoir le trajet de la plaie et la mieux guérir, proposa à son seigneur de prendre un prisonnier sarrazin et de lui faire la même blessure. On l'ouvrirait ensuite et on serait fixé. Baudoin, paraît-il, montra peu de goût pour ce genre de vivisection et le médecin dut se contenter d'un ours qu'on eut soin de dresser sur ses pattes, afin que les organes soient bien dans la position de ceux d'un guerrier et la blessure toute pareille.

Vous le voyez, pendant qu'au Moyen-Age, par l'alchimie, les sciences des corps inertes font quelques progrès, celles de l'organisation étaient retombées dans la dernière barbarie.

Mais voilà qu'éclate l'éblouissant renouveau de l'esprit humain, voilà la Renaissance, qu'on pourrait appeler les temps héroïques du savoir moderne. La liberté de conscience reconquise ouvre à l'Anatomie des voies nouvelles. L'interdit religieux que les anciens cultes, le Koran et le Christianisme, avaient jeté sur le corps de l'Homme, est bravé. Toutefois, on n'a pas encore nos facilités pour l'étudier ; il y faut un grand courage et des occasions qui ne se rencontrent pas. Comme au temps de Galien, c'est encore aux animaux qu'on a recours, le plus souvent. Vésale, à défaut de cadavres, dissèque des chiens, des porcs surtout, car la science partage alors cette opinion restée dans les dires populaires, que rien ne ressemble au pourceau autant que les organes internes de l'Homme. Belon était tout à fait de cet avis (4).

Mais c'est alors que Belon réalise un progrès considérable. Il ne part plus des animaux pour connaître l'Homme. Il renverse, en quelque sorte, la méthode. C'est le corps humain qu'il va prendre pour type et auquel il va comparer, « conférer » commme il dit aussi (5), l'organisation des animaux ; et quand il voudra résumer d'un mot cette merveilleuse anatomie du Dauphin, que nous connaissons tous, il proclamera que « du nombril en amont » le Dauphin est tout le portrait de l'Homme.

(1) Voy. Pouchet, *La biologie aristotélique*, p. 16.

(2) Voy. Pouchet, *La physiologie du système nerveux jusqu'au* XIXe *siècle*. Rev. scient. 1er mai 1875.

(3) Guibert de Nogent. *Gesta Dei per Francos*, liv. VII.

(4) Passim. Voy. entre autres *L'hist. nat. des estranges poissons marins*. In-4°, 1re part., ch. x.

(5) « La disposition des premiers éléments du corps des oiseaux et autres animaux et « plantes conférant la nature des uns avec celle des autres, » ch. x de l'*Hist. de la nat. des oiseaux*, intitulé « L'anatomie des ossements des oiseaux conférée avec celle des « animaux terrestres et de l'homme. »

Par là, Pierre Belon devance en réalité son siècle, est vraiment un moderne. Un moderne et un Français, il l'est encore par son peu de goût pour les dénominations anatomiques transcrites du latin ou du grec. Et plutôt que de dire « ourachos » il voudrait qu'on appelât tout simplement cet organe du nom que lui donnent les bouchers au pays manceau (1).

Il est à jamais regrettable que son *Commentaire sur Dioscoride*, où il se promettait — lui-même nous l'annonce (2) — de mettre l'anatomie des os humains en comparaison de celle des autres animaux; — il est à jamais regrettable que ce *Commentaire* n'ait pas été achevé; que le manuscrit, s'il fut composé, en ait été perdu. Ce n'est pas alors un simple « commencement d'ostéologie comparée » — comme dit Cuvier — que nous aurions eu, mais sans doute un impérissable monument. Que de choses neuves Belon eût apprises à son temps! Que d'observations recueillies au cours de ses lointains voyages! Car, avec lui, l'Anatomie ne perd jamais ses droits, rien ne l'en détourne, pas même les ombres mystérieuses du tombeau des Pharaons. Voyez-le dans le souterrain de la Grande Pyramide : il s'arrête pour observer et disséquer les chauves-souris, aux chandelles (3). En revenant du Sinaï, sa caravane abandonne — comme cela arrive souvent — une chamelle épuisée. La bête était pleine. Belon l'ouvre et, curieusement étudie les mouvements du petit dans la matrice (4). Et ceux-là seuls qui ont aussi laissé des chameaux aux routes du désert, diront ce qu'il fallait d'énergie pour ces observations faites sur les genoux, à terre, dans le sable brûlant.

Il avait, nous dit-il, disséqué plus de 200 oiseaux. Et c'est ici que nous pouvons le mieux juger ce qu'eût été le *Commentaire sur Dioscoride*. Il réforme pour l'Oiseau une erreur vingt fois séculaire, où tous les naturalistes grecs étaient tombés et tout le XVIe siècle après eux, si étrange que cela paraisse. On avait toujours attribué deux os à la cuisse de l'Oiseau, prenant son talon pour le genou tourné en arrière. Belon, dans une description et une figure justement célèbres, rapproche la « compaction » des ossements de l'Oiseau — car il ne dit pas squelette — de celle de l'Homme (5). Il représente l'Oiseau pendu par la tête, les ailes ballantes, dans l'attitude verticale du corps humain. Il fait comme le médecin de Baudoin avec l'ours; mais ici c'est l'anatomie de l'Homme qui va éclairer celle de l'animal, c'est par la comparaison avec l'Homme que Belon arrive à déterminer les divers os de la jambe de l'Oiseau, qu'il en fixe les homologies; de même qu'il reconnaît le poignet dans les deux osselets qui sont en deçà du fouet de l'aile. Ces grandes nouveautés ostéologiques sont de l'année 1555.

On conçoit que la célèbre figure et la description qui l'accompagne, aient

(1) « L'organe *urachos* auquel les français n'ont point encore trouvé de nom propre « à l'exprimer, sinon que en quelques lieux, comme au Maine, ils l'appellent la trippe « du nombril, les autres la corde. » *Hist. nat. des estr. poissons*, ch. VII.

(2) Epître au Card. de Tournon, en tête de *Les observations de plusieurs singularités*, etc.

(3) Voy. *L'hist. nat. des estr. poissons marins*, ch. V.

(4) *Ibid.*, ch. VII.

(5) *Ibid.*, ch. XVI, p. 45 verso.



Fig 11
Fig 4
Fig 10
Fig 3
Fig 14.

